

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

Svařování součástí karosérie osobního automobilu

Welding Car Body Parts

Student:

Pavel Snášel

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Vladislav Ochodek

Ostrava 2014

Zadání bakalářské práce

Student: **Pavel Snášel**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **2303R002 Strojírenská technologie**
Téma: **Svařování součásti karosérie osobního automobilu**
Welding Car Body Parts

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte rozbor vybrané svařované součásti karosérie.
2. Proveďte studii vlastností použitých materiálů a technologií.
3. Navrhněte technologický postup svařování vybrané součásti.
4. Navrhněte svářečské pracoviště a technologický výrobní postup.
5. Proveďte diskusi dosažených výsledků.

Seznam doporučené odborné literatury:

HRIVŇÁK, I. *Teoria zvariteľnosti kovov a zliatin*. Veda 1989.
ASM. *Handbook vol. 6, Welding, Brazing, Soldering*. ASM 2001.
KOPŘIVA, R. *Technológia zvarovania v ochranných plynoch metódou MIG/MAG*. ZEROSS, 1993.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Vladislav Ochodek**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014




Ing. Petr Mohyla, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 19. 5. 2014

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 19.5.2014


.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Pavel Snášel

Adresa trvalého pobytu autora práce: Sudkov 16, 788 21 Sudkov

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

SNÁŠEL, P. *Svařování součástí karosérie osobního automobilu: bakalářská práce.* Ostrava: VŠB – technická universita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2014, 59 s. Vedoucí práce: Ing. Vladislav Ochodek

Bakalářská práce se zabývá analýzou procesu pro zavedení výroby nové součásti karosérie osobního automobilu. V úvodu práce, jsou popsány jednotlivé komponenty sestavy dílů karosérie. Je provedena studie jednotlivých technologií svařování se zaměřením na odporové svařování a MIG pájení. Je provedena studie svažitelnosti použitých ocelí. Cílem bakalářské práce bylo navrhnout pracoviště a technologický postup pro svařování vybraného dílu karosérie. Dále byl navržen systém ověřování kvality svarových spojů ve výrobě pro bodové svařování, přivařování matic, a MIG-pájení.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

SNÁŠEL, P. *Welding Car Body Parts: Bachelor Thesis.* Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2014, 59 p. Thesis head: Ing. Vladislav Ochodek

The bachelor thesis deals with the analysis of the process for introducing the new passenger car body parts. The introduction describes the individual components of the assembly of parts of the body. It is a study of various welding technologies with a focus on resistance welding and MIG brazing. It is a study of the weldability of steels. The aim of this thesis was to design a workplace and technique for welding the selected part of the body. Furthermore, the proposed system verification of the quality of welded joints in production for spot welding, weld nuts, and MIG-brazing.

Obsah

ÚVOD	10
1 CHARAKTERISTIKA A POPIS KOMPONENT	11
1.1 Charakteristika současné výroby.....	11
1.2 Sloupek A.....	11
1.2.1 Spodní výztuha sloupku A	12
1.2.2 Výztuha závěsu 1	12
1.2.3 Výztuha závěsu 2	13
1.2.4 Výztuha zvedáku	13
1.2.5 Závitová deska.....	14
1.2.6 Navařovací matice.....	14
2 VLASTNOSTI POUŽITÝCH MATERIÁLŮ	16
2.1 Charakteristika materiálu výztuhy závěsu 1,2 a výztuhy zvedáku.....	16
2.2 Charakteristika materiálu spodní výztuhy sloupku A	17
2.3 Charakteristika materiálu závitové desky	17
2.4 Charakteristika materiálu navařovací matice	18
3 POUŽITÉ TECHNOLOGIE SVAŘOVÁNÍ	19
3.1 Svařitelnost pozinkovaných plechů odporovým svařováním.....	19
3.2 Odporové svařování	21
3.3 Svařitelnost materiálu MIG-pájením.....	26
3.4 MIG-pájení	28
3.5 CMT	31
4 KONTROLA VLASTNOSTÍ SVAŘOVANÝCH SPOJŮ.....	32
4.1 Odporové svařování plechů.....	32
4.1.1 Stanovení minimálního průměru čocky	32
4.1.2 Kvalita povrchu	32
4.1.3 Zkouška stříhem	33

4.1.4 Rázová zkouška stříhem „Sekáčová metoda“	35
4.2 Odporové navařování matic	37
4.2.1 Minimální utahovací moment	37
4.2.2 Minimální síla vrcholového tahu.....	37
4.2.3 Průchodnost závitů	38
4.2.4 Pohledová kontrola.....	38
4.3 MIG-pájení	39
4.3.1 Posouzení vizuální prohlídkou	39
4.3.2 Metalografický výbrus	41
4.3.3 Průchodnost závitů	43
4.4 Kontrolní plán	43
4.4.1 Výztuha závěsu 1 a 2.....	44
4.4.2 Svařenec	45
5 POSTUP VÝROBY, ERGONOMIE PRACOVÍŠTĚ	49
5.1 Výroba.....	49
5.1.1 Navaření matice.....	49
5.1.2 Svaření sestavy	51
5.1.3 Pracoviště	52
ZÁVĚR.....	55
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	58

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A JEDNOTEK

ZNAK	VELIČINA	JEDNOTKA
ČSN	Česká státní norma	-
EN	Evropská norma	-
Al	hliník	-
Ar	argon	-
C	uhlík	-
CE	uhlíkový ekvivalent	[%]
CMT	(Cold Metal Transfer)	-
CO ₂	oxid uhličitý	-
Cu	měď	-
CuSi 3	křemíkový bronz	-
°C	stupeň celsia	-
DZ	zatěžovatel	-
F _{min}	minimální tažná síla	[kN]
HB	tvrdost podle Vickerse	-
HV	tvrdost podle Brinella	-
I	svařovací proud	[I]
I _s	specifický svařovací proud	[A/mm ²]
M	metrický závit	-
MAG	(Metal Activ Gas) svařování tavící se elektrodou v ochranné atmosféře aktivního plynu	-
MIG	(Metal Inert Gas) svařování tavící se elektrodou v ochranné atmosféře inertního plynu	-
Mn	mangan	-
M _k	minimální utahovací moment	[Nm]
Nb	niob	-
N _k	krátkodobý výkon	-
N _t	trvalý výkon	-
O ₂	kyslík	-
Pe	přítlak elektrod	[MPa]
P	fosfor	-
PA	(Controlled Pulsed Arc.) pulzní oblouk	-
Q	tepelný efekt svařování	[J]

Rc	odpor přechodové vrstvy	[Ω]
Rm	odpor material	[Ω]
Rz	odpor povrchové vrstvy	[Ω]
R _m	pevnost v tahu	[MPa]
R _{p0,2}	smluvní mez kluzu	[MPa]
S	síra	-
SA	(Short Circuit Arc.) zkratový oblouk	-
Si	křemík	-
T	doba svařování	[s]
T _p	doba trvání přehřevu	[s]
Ti	titan	-
V	vanad	-
a	přeplátování vzorku	[mm]
b	šířka vzorku	[mm]
d	tloušťka povlaku	[μm]
m	hmotnost povlaku oboustranně	[g/m ²]
l _f	volná délka mezi čelistmi	[mm]
l _t	délka jednotlivých ústřížků	[mm]
l _s	délka vzorku	[mm]
t	tloušťka vzorku	[mm]
t _p	čas přestávky	[s]
t _s	čas průchodu proudu	[s]
Δt	pulzní interval	[s]
ρ	hustota	[g/cm ³]
3D	trojrozměrný	-
131	technologie MIG	-
135	technologie MAG	-

ÚVOD

Svařování je jednou z nejdůležitějších montážních metod v konstrukci karoserie automobilu. Používá se pro spojování jednoduchých dílů malých podsestav i jednotlivých dílů do jednoho velkého celku. V současné době jsou součásti čím dál více tvarově složitější a mohou být tvořeny z více kusů než bylo běžné. Zvyšují se totiž požadavky na bezpečnost a jsou vyšší nároky na vlastnosti konstrukce. Z toho plyne větší složitost a časová náročnost výroby.

Produkce automobilů je celosvětově velmi vysoká. To znamená, že s požadovanou kvalitou a složitostí dílů roste i zájem o to, aby bylo vyprodukováno co nejvíc potřebných součástí, za co nejkratší dobu s ohledem na poptávku trhu. Samozřejmostí je snaha o co největší snížení nákladů

Největší objem produkce firmy je tvořen lisovanými díly pro automobilový průmysl. Svařování doposud tvoří jen okrajové zaměření firmy a jsou svařovány pouze menší sestavy nebo jsou navařovány matice na části karosářských dílů. Stále narůstající požadavky zákazníků na efektivitu a snižování nákladů udaly cíl zlepšit stávající výrobní proces. Výlisky jsou z převážné části expedovány do externích firem k dalšímu zpracování a až poté ke koncovému zákazníkovi. V tomto případě se jedná o vyloučení drahé a neekologické dopravy tím že bude rozšířeno stávající pracoviště. Odpadne tak nutnost nadbytečné přepravy.

Tématem bakalářské práce bylo navrhnout pracoviště, které bude splňovat požadavky na rozšíření výroby. Jako vhodné řešení se jeví vybavit pracoviště novými automatizovanými stroji. Ty disponují předpokladem vysoce produktivní a kvalitní práce ve srovnání s člověkem. Vše je třeba rozvrhnout v logickém sledu, aby byla zajištěna co největší efektivita a kvalita.

1 CHARAKTERISTIKA A POPIS KOMPONENT

1.1 Charakteristika současné výroby

Na celkové produkci firmy se nejvíce podílí lisování, které tvoří 54 % z veškeré výroby. Druhým nejrozšířenějším druhem výroby je obrábění, které se podílí na produkci 30 %. Svařování spolu s montáží a ostatními druhy zpracování zaujímá zbylých 16 %. Firma má vytvořena dvě svařovací pracoviště.

Na prvním pracovišti jsou čtyři oddělení. V prvním se nachází šest odporových lisů Jesva WLP80, dva odporové lisy Jesva WBLP40, čtyři odporové lisy Jesva L250 a jeden odporový lis WLP120. V druhém oddělení jsou umístěny tři jednoúčelové odporové stroje pro navařování matic Mespro a jeden stroj ELZACO. Tyto dvě oddělení připevňují matice na plechové výlisky či jiné plechové komponenty pro automobilový průmysl. Třetí část pracoviště tvoří pět závěsných odporových kleští Jesva WKPH 150. Odporovými kleštěmi jsou svařovány ve firmě vylisované plechové součásti do svařenců, které pak tvoří komponenty karoserie vozu. Pracoviště uzavírá robotická buňka ABB s robotem IRB 1600 pro MIG-pájení se zdrojem Fronius TPS4000. MIG-pájením je na tvářenou součást přiletována závitová deska.

Druhé ucelené pracoviště je robotizované, s dvěma roboty ABB typové označení IRB 6640 s kleštěmi pro bodové svařování During X-2501. Ty plní stejnou funkci jako v prvním pracovišti závěsné odporové kleště. Avšak automatizovaně [1].

1.2 Sloupek A

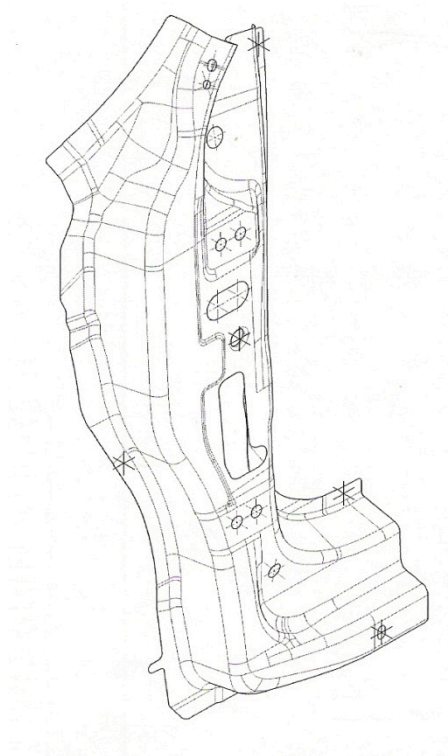
Sloupky automobilu jsou označovány velkými písmeny A, B, C, D. Jejich pořadí se určuje od přední části vozidla. První sloupek má označení A, druhý B, v tomto sledu to pokračuje až k poslednímu. Počet sloupků se odvíjí od druhu karoserie vozu. Sloupky mezi sebou oddělují boční okénka automobilu a tvoří nosníky střechy.

A-sloupek automobilu je důležitou nosnou částí karoserie. V této práci jde o jeho spodní díl, který se nachází za přechodem předního blatníku na přední dveře. Jedná se o výztuhu, na které budou přišroubovány panty předních dveří. Tato součást má také za úkol pohltit velké množství energie, která vyústí při čelním nárazu automobilu od předního podélného nosníku. A to ve spolupráci s ostatními součástmi karoserie. Spodní lem

výztuhy je zpevněn výztuhou zvedáku, která zabrání deformaci lemu při zvedání automobilu.

1.2.1 Spodní výztuha sloupku A

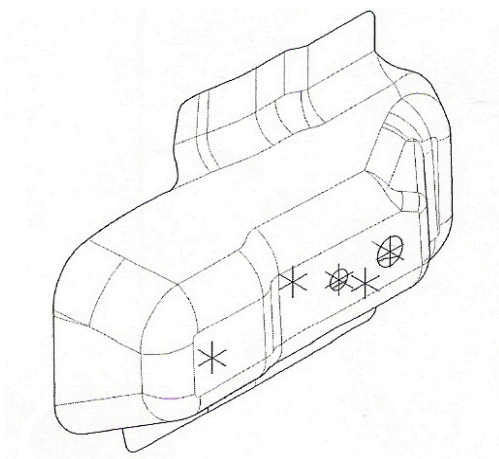
Spodní výztuha A sloupku je největším dílem celého svařence. Zároveň jde o centrální díl, na který budou navařeny ostatní součásti. Z čela výztuhy, jak je patrné na obrázku 1.1 je umístěna dvojice otvorů a to v horní části, tak i ve spodní. Na tuto dvojici děr navazují otvory z Výztuhy závěsu 1 a Výztuhy závěsu 2, které budou na tento díl odporově přivařeny. Závítová deska se závitem M8 bude připájena na pravý bok přibližně ve středu součásti. Ke spodnímu lemu, který bude navazovat na práh automobilu, se odporově přivaří Výztuha zvedáku.



Obr. 1.1 Spodní výztuha sloupku A [2].

1.2.2 Výztuha závěsu 1

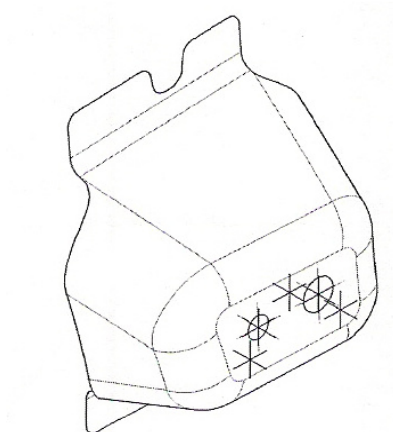
Zpevňuje Spodní výztuhu sloupku A v místě, kde bude horní závěs dveří. To je v místě horní dvojice otvorů. Výztuha závěsu 1 se odporově navaří z vnitřní strany Spodní výztuhy sloupku A. Pro upevnění dveřních komponent bude na menší otvor soustředně navařena navařovací matice M8.



Obr. 1.2 Výztuha závěsu 1 [2].

1.2.3 Výztuha závěsu 2

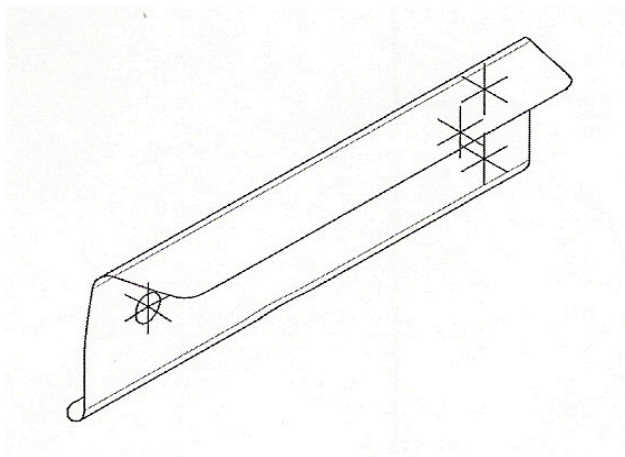
Výztuha závěsu 2 plní stejnou funkci jako výztuha závěsu 1. Je umístěna soustředně na spodní dvojici otvorů na Spodní výztuze sloupku A. Na menší otvor je soustředně odporovým lisem navařena navařovací matice M8. Celá výztuha je bodově přivařena z rubové strany Spodní výztuhy sloupku A.



Obr. 1.3 Výztuha závěsu 2 [2].

1.2.4 Výztuha zvedáku

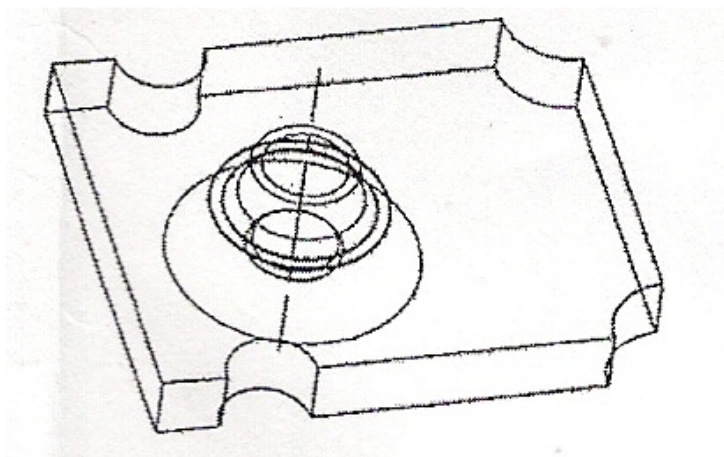
Tvoří ji nadvakrát ohnutý plech, který po přivaření obepne spodní lem, čímž jej bude chránit. Výztuha zvedáku bude odporově přivařena.



Obr. 1.4 Výztuha zvedáku [2].

1.2.5 Závítová deska

Je jedinou součástí, která bude připájena. Ostatní budou odporově přivařeny. Ve středu desky je závit M8.



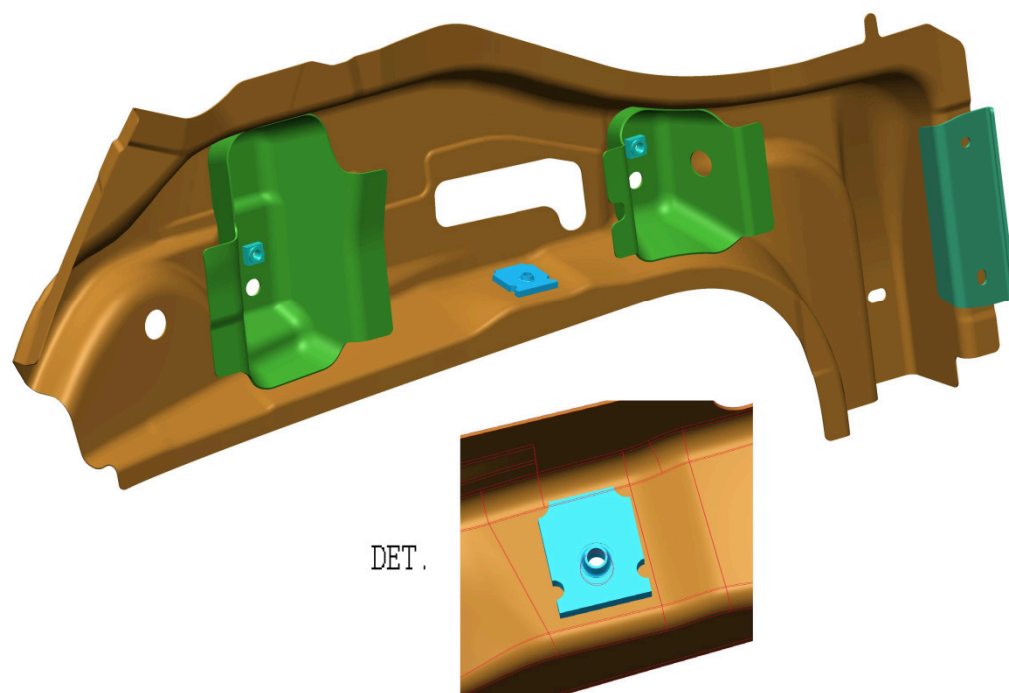
Obr. 1.5 Závítová deska [2].

1.2.6 Navařovací matice

Matice M8 bude navařena ve Výztuze závěsu 1 i ve Výztuze závěsu 2. Na straně, která bude přivařena jsou čtyři výstupky (bradavky). Při přitlačení a po projití svařovacího proudu kontakty lisu se přes tyto čtyři výstupky matice přivaří k součásti.



Obr. 1.6 Navařovací matice [2].



Obr. 1.7 3D model rozmístění součástí svařence [3].

Všechny součásti jsou vyráběny pro levou i pravou stranu vozu. Jde tedy o identické součásti jen zrcadlově otočené.

2 VLASTNOSTI POUŽITÝCH MATERIÁLŮ

2.1 Charakteristika materiálu výztuhy závěsu 1,2 a výztuhy zvedáku

Výztuhy závěsu 1,2 a výztuha zvedáku jsou z oceli HX340LAD+Z100MB. Jedná se o ocel s vyšší mezí kluzu pro tváření za studena ČSN EN 10346. Tato ocel je pokovena zinkovým povlakem. Vlastnosti materiálu a povlaku jsou uvedeny v tabulkách č. 1 až 3.

Tab. 1 Chemické složení (rozbor tavby) [4].

Označení		Chemické složení, hmotnostní [%]							
Druh oceli		C max.	Si max.	Mn max.	P max.	S max.	Al _{celk.}	Nb max.	Ti max.
Značka	Číselné označení								
HX340LAD	1.0933	0,11	0,50	1,00	0,030	0,025	≥ 0,015	0,09	0,15

Tab. 2 Mechanické vlastnosti pro příčný směr [4].

Smluvní mez kluzu R _{p0,2} [MPa]	Pevnost v tahu R _m [MPa]	Tažnost A ₈₀ [%] min.
340 až 420	410 až 510	21

Tab. 3 Hmotnost zinkového povlaku [4].

Označení povlaku	Minimální hmotnost povlaku oboustranně [g/m ²]		Teoretické informativní hodnoty tloušťky povlaku d na jednotlivém povrchu při zkoušce na jednom místě [μm]		Hustota [g/cm ³]
	Zkouška na třech místech	Zkouška na jednom místě	Typická hodnota	Rozsah	
Z100	100	85	7	5 až 12	7,1

2.2 Charakteristika materiálu spodní výztuhy sloupku A

Výztuha sloupku A, je stejně jako ostatní výztuhy vyrobena z oceli s vyšší mezí kluzu pro tváření za studena ČSN EN 10346. Značení HX300BD+Z100. Je pokovena zinkem, uvedeno v tabulce č. 3. Chemické složení a mechanické vlastnosti jsou popsány v tabulkách č. 4 a č. 5.

Tab. 4 Chemické složení (rozbor tavby) [4].

Označení		Chemické složení, hmotnostní [%]							
Druh oceli		C max.	Si max.	Mn max.	P max.	S max.	Al _{celk.}	Nb max.	Ti max.
Značka	Číselné označení								
HX300BD	1.0930	0,11	0,50	0,80	0,12	0,025	≥ 0,1	0,09	0,12

Tab. 5 Mechanické vlastnosti pro příčný směr [4].

Smluvní mez kluzu R _{p0,2} [MPa]	Pevnost v tahu R _m [MPa]	Tažnost A ₈₀ [%] min.
300 až 360	400 až 480	26

2.3 Charakteristika materiálu závitové desky

Vlastnosti oceli ČSN EN 10149-2 pro závitovou desku jsou znázorněny v tabulce č. 6 a č. 7. Deska je pokovena zinkem, stejně jako materiály výztuh.

Tab. 6 Chemické složení (rozbor tavby) [5].

Označení		Chemické složení, hmotnostní [%]								
Druh oceli		C max.	Si max.	Mn max.	P max.	S max.	Al _{celk.} max.	V max.	Nb max.	Ti max.
Značka	Číselné označení									
S420MC	1.0980	0,12	0,50	1,60	0,025	0,015	0,015	0,20	0,09	0,12

Tab. 7 Mechanické vlastnosti [5].

Mez kluzu R_{eH} [MPa]	Pevnost v tahu R_m [MPa]	Tažnost A [%] min.
420	480 až 620	16

2.4 Charakteristika materiálu navařovací matice

Materiál ČSN 021624. Matice M8 je pokovená zinkem.

Tab. 8 Chemické složení [6].

Chemické složení, hmotnostní [%]				
C	Mn	Si	P	S
0,150	0,430	0,050	0,017	0,005

Tab. 9 Mechanické vlastnosti [6].

Zkušební zatížení [kN]	Tvrdost [HV]
38,1	30

3 POUŽITÉ TECHNOLOGIE SVAŘOVÁNÍ

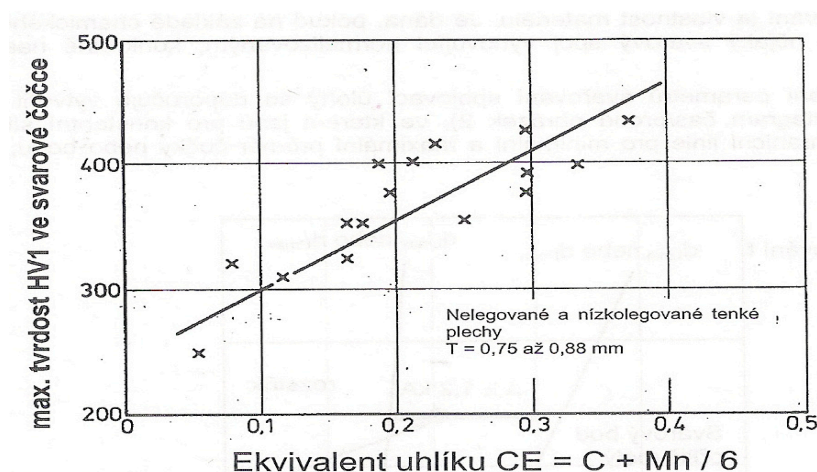
Z detailního výčtu strojů v úvodu kapitoly dvě, můžeme sumarizovat počty strojů. Pracuje se na třinácti ručních odporových lisech pro navařování matic. K těmto strojům můžeme přičíst pouze dva automatizované stroje. S ohledem na hlavní typ výroby firmy a s rostoucími požadavky na množství, kdy nesmí utrpět kvalita, je vhodné stávající stroje v budoucnu vyměnit za nové automatizované. Stejně tak při odporovém svařování plechů. V provozu je pět ručních závěsných bodovacích kleští, které je možné v budoucnu nahradit modernějším robotickým pracovištěm.

3.1 Svařitelnost pozinkovaných plechů odporovým svařováním

Odporové svařování je vhodné pro oceli s obsahem uhlíku 0,25%, maximálně 0,3 %. U nelegovaných a nízkolegovaných ocelí se mnohdy k prvotnímu vyhodnocení svařitelnosti materiálu používá uhlíkový ekvivalent CE.

$$CE = C + \frac{Mn}{6} \quad [\%] \quad (1)$$

Čím vyšší je uhlíkový ekvivalent, tím více stoupá tvrdost čocky která má sklon k zakalení. Pro legované oceli, u kterých legující prvky ovlivňují kalitelnost, jsou možná dodatečná opatření jako například dohřev. Vysoká tvrdost čocky proti základnímu materiálu bývá běžná. Při 120 HV základního materiálu může čocka dosáhnout tvrdosti až 450 HV. Dle doporučení by tvrdost čocky neměla překročit 550 HV[7].



Obr. 3.1 Schéma odporového bodového svařování [7].

Během odporového svařování jsou svařované plechy stlačeny dohromady kleštěmi. Čočka se vytváří v kontaktním místě svařovaných plechů, důsledkem tepla vytvořeného elektrickým odporem. Výsledný tepelný efekt svařování (Q) se odvíjí od tří faktorů, kterými jsou proud svařování (I)[A], čas působení proudu (t)[s], elektrický odpor (R)[Ω].

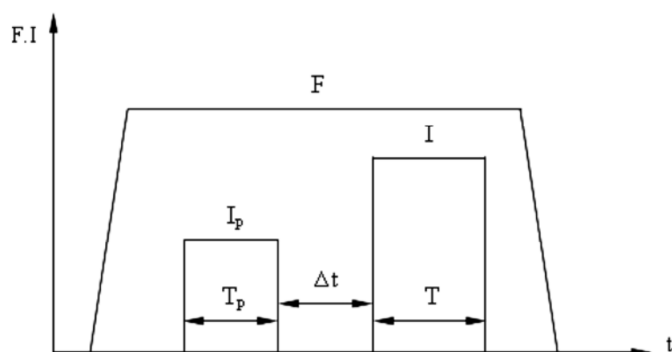
$$Q = I^2 * R * t [J] \quad (2)$$

Pro výpočet odporu se zanedbá odpor elektrod, které jsou ze slitin mědi, a jejich odpor je velmi nízký. Zbýlé odpory, jako odpor povrchové vrstvy (R_z), materiálu (R_m) a odpor přechodové vrstvy (R_c) se sčítají.

$$R = R_c + R_z + R_m [\Omega] \quad (3)$$

Odporové vrstvy mají vliv na rozložení teploty, tedy i na tavení kovu v místě svaru. Z toho plyne, že mají vliv na celkovou svařitelnost. Pozinkovaný plech je hůře svařitelný než běžný ocelový plech. Povrchová vrstva zinku má menší přechodový odpor než materiál a disponuje lepší vodivostí. Výsledné rozhraní odporů mezi materiály pak úzce souvisí s přechodovým odporem R_c . Ten pak není stálý, ale je z něj časově proměnný parametr podle svařovacích akcí. Proto se pro správné nastavení informace zaznamenávají v R_c proměnné. R_c proměnná je ovlivňována stavem kontaktů elektrod, svařovacím proudem, přítlakovou silou elektrod, vlastnostmi materiálu a povrchem svařovaného obrobku.

Odporové svařování pozinkovaných ocelí je obecně horší. Dochází k rozstříku povrchové vrstvy zinku vlivem vysoké teploty vytvořené v materiálu, která jej prudce rozpustí. Tento rozstřík pak znečišťuje elektrody [8][9].



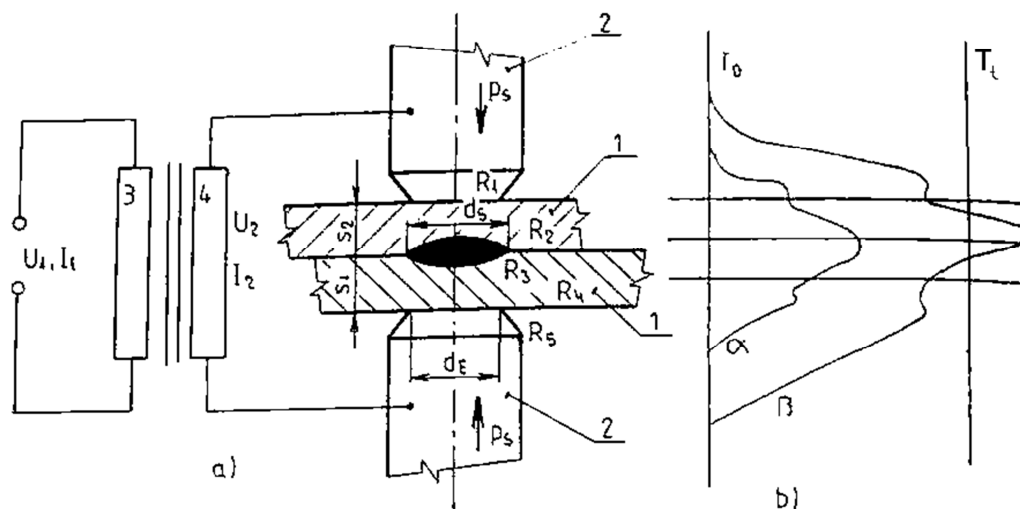
Obr. 3.2 Svařovací cyklus. F je síla přítlaku elektrod, I svařovací proud, T doba svařování, I_p je proud pro předehřátí materiálu, T_p je doba trvání předehřevu, Δt je pulzní interval [8].

3.2 Odporové svařování

Odporové svařování je jednou z metod tlakového svařování. Charakteristické je, že teplo dodávané do svarového spoje nejde přes povrch materiálu, ale vzniká uvnitř materiálu, v místě spoje. Odporové svařování je vhodné pro svařování ve všech polohách a vyznačuje se velkou rychlostí svařování.

Tloušťky materiálu se pohybují v rozmezí 0,4 až 4,0 mm. Nejčastěji se používá pro svařování tenkých plechů. Užití je vhodné pro materiály z nelegované oceli, legované oceli, hliník, nikl, měď a pro jejich slitiny.

Principem odporového svařování je průtok elektrického proudu přes svařovaný materiál. Vlivem elektrického odporu, se součásti v místě styku ohřejí, nebo nataví a pak se stlačí. Tím se vytvoří spoj. Elektrický odpor vzniká v místě dotyku materiálů. Je označován jako přechodový odpor, a je zdrojem tepla. Princip odporového svařování je zřejmý na obrázku 3.3 [10].



a) schéma uspořádání

b) průběh teplot (α -po době 0,02s, β -po době 0,1s)

1 - svařované materiály,

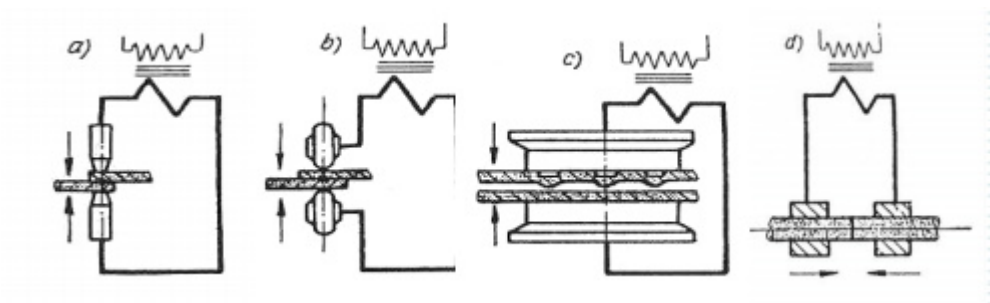
2 - svařovací elektrody,

3 - primární vinutí transformátoru, 4 - sekundární vinutí transformátoru

Obr. 3.3 Schéma odporového bodového svařování [10].

Metody odporového svařování

- Bodové odporové svařování
- Švové odporové svařování
- Výstupkové odporové svařování
- Stykové odporové svařování



Obr. 3.4 Metody odporového svařování [10].

Ve svařenci bude použita výstupková metoda pro navaření matic do výztuh závěsů. A pro spojení plechu bude použita metoda bodového odporového svařování.

Odpory při odporovém svařování

Přechodový odpor. Jedná se o přechodový odpor elektrod a svařovaného materiálu. Na obrázku 3.1 je označen jako R_1 . Závisí na velikosti styčné plochy a tvaru elektrod. Také závisí na čistotě a drsnosti povrchu materiálu. Při svařování je nežádoucí.

Vlastní odpor svařovaného materiálu. Závisí na tloušťce materiálu, jeho měrném odporu a na dalších faktorech. Vlastní odpor je dán funkcí těchto faktorů. V obrázku 3.1 jako R_2 , R_4 [10].

Parametry svařování

Hlavními parametry pro odporové svařování jsou svařovací proud, přitlačná síla a svařovací čas. Kombinací těchto tří parametrů rozlišujeme dva režimy svařování.

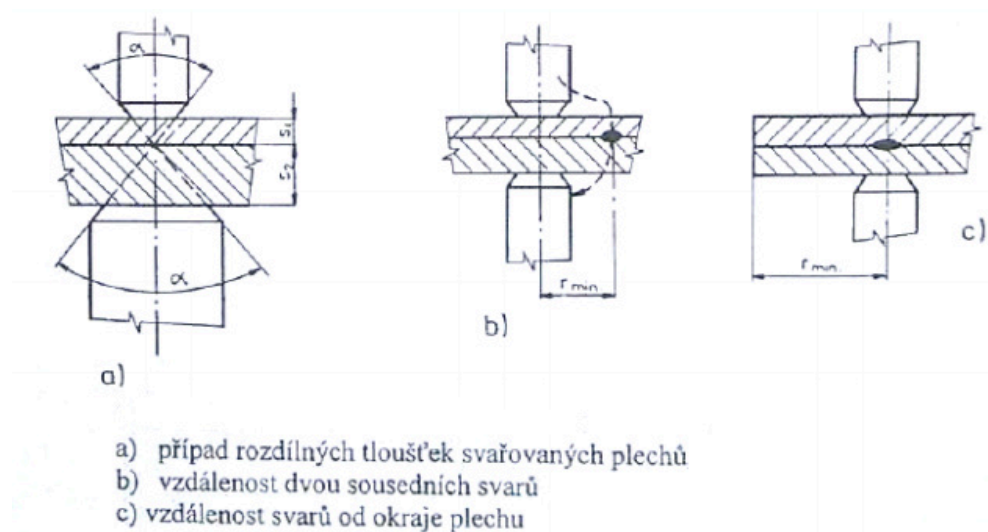
- Svařování tvrdým režimem
- Svařování měkkým režimem.

Tvrký režim svařování se vyznačuje vysokým svařovacím proudem při krátkém čase. Při tomto režimu pracujeme s vyšší silou přitlaku. Hlavní výhodou je rychlost svařování. To znamená, že strojní časy jsou velmi malé. Svar rychle chladne díky krátkému působení teploty svařování. Díky tomu nám vzniká jemnozrnná struktura svarového kovu. Vysoký svařovací proud potřebuje svářečky s velkým příkonem, které jsou těžké. Používají se závěsné stroje s vyvažovači. Přítlak elektrod P nad 5 MPa, specifický svař. proud I_s nad 200 A/mm² [10].

Měkký režim svařování je v podstatě opak tvrdého režimu. Pracujeme s nižším proudem po delší dobu a menším přitlakem. Měkký režim je kvůli delším časům méně produktivní. Ve spojích je méně pevná hrubozrnná struktura. Není třeba strojů s velkým příkonem a tak používáme i vodiče s menším průřezem. Při měkkém režimu se více opotřebovávají elektrody. Přítlak elektrod 2-6 MPa, specifický svař. proud = 140-200 A/mm² [10].

Tepelná rovnováha ve svarových spojích

Pro rovnoměrnost provaření obou součástí při odporovém svařování je důležitá tepelná rovnováha. Ta je zejména důležitá při svařování plechů o rozdílných tloušťkách, či různých materiálech. Rovnováhy se docílí například podložkami. Nebo větším průměrem elektrody na straně tlustšího materiálu tzn. většího odporu. Rovnováhy je třeba docílit i v případech vzdáleností jednotlivých svarů od sebe, či vzdálenosti svaru od okraje materiálu. Vzdálenosti a průměry elektrod se volí podle diagramů a nomogramů. Příklady řešení jsou uvedeny na obrázku 3.5 [10].



Obr. 3.5 Příklady řešení případů pro tepelnou rovnováhu [10].

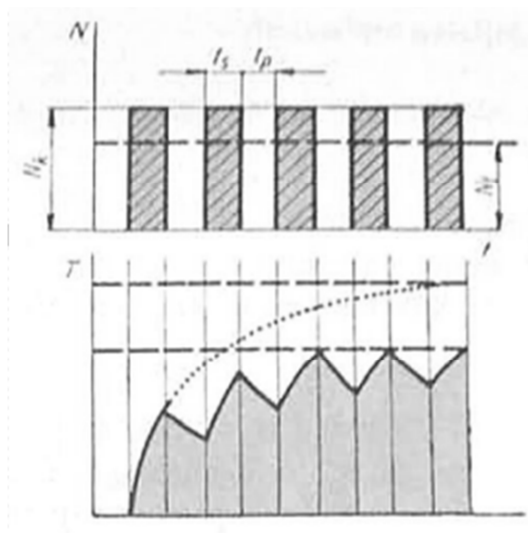
Svařovací stroje

Svářečky pro odporové svařování se skládají ze dvou částí a to elektrické a mechanické. Elektrická část stroje se skládá z vedení, vypínacího a spínacího zařízení, a z transformátoru. Mechanická část je tvořena zařízením pro stlačení a pro upnutí součástí. Odpor v místě svaru je velmi malý a tak je napětí na sekundární cívce malé. Napětí se pohybuje od 1V do 18V. Největší napětí se používá u závěsných svářeček, protože dochází ke ztrátám v sekundárním vedení, čili ve vedení od svářečky k elektrodám.

Svářečky pro bodové svařování jsou charakteristické hlavně svým přerušovaným chodem. Pravidelně se zde střídá perioda zapnutí a přestávky. Vezmeme-li čas průchodu proudu t_s , čas přestávky t_p můžeme stanovit poměr doby zatížení, čili zatěžovatele DZ.

$$DZ = \frac{t_s}{t_s + t_p} * 100\% \quad (4)$$

Znázornění zatěžovatele a krátkodobého výkonu N_k . (obr. 3.6). Z těchto parametrů můžeme určit trvalý výkon N_t . Vypočteme tak dovolený počet svarů za určitou jednotku času [10].

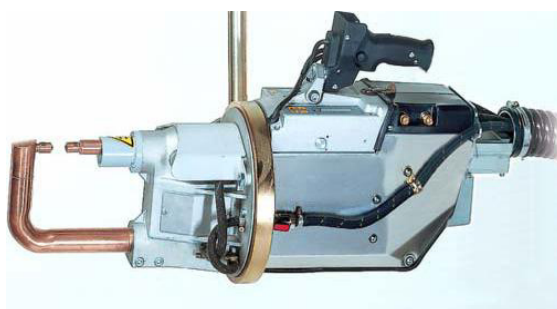


Obr. 3.6 Svařovací cyklus a zatěžovatel [10].

Stroje pro odporové bodové svařování

U těchto strojů mechanická část přitlačuje kontakty, které přes svařovaný materiál uzavřou elektrický obvod. Kontakty jsou přitlačovány mechanicky, pneumaticky, hydraulicky. Stroj je regulován zapojením počtu závitů na sekundární cívce. Při uzavření obvodu se pomocí stykače či relé zapojí na danou dobu čas protékání proudu [10]

- závěsné bodovky
- bodové svářečky stabilní
- bodové svářečky speciální



Obr.3.7 Závěsná bodová svářečka [11].



Obr.3.8 Bodová svářečka stabilní [12].

Stroje pro výstupkové (bradavkové) svařování

Svářečky pro výstupkové svařování se liší hlavně v tom, že na čelistech jsou místo elektrod drážky pro upnutí jednoúčelových měděných přípravků. Ty bývají chlazeny.

Horní část je pohyblivá (hydraulicky, pneumaticky), zatímco spodní díl kleští drží pevně. Výstupkové svářečky se pojmenovávají jako svářecí lisy [10].



Obr.3.9 Svařovací lis [13].

3.3 Svařitelnost materiálu MIG-pájením

Svařitelnost materiálu MIG-pájením je obtížné obecně určit. Nejlepším řešením je stanovit kritéria optimalizace, která zaměřují pozornost na technologii svařování.

Pokud bude pájeno s nižším příkonem, který vyžaduje menší požadavky na zkratový způsob přenosu a svařovací proud. Bude špatná smáčivost a špatný tvar švu. Výhodou tohoto druhu nastavení je, že bude odpařeno menší množství zinku z povrchové vrstvy. Dobré smáčecí vlastnosti s dobře vypadajícím svarem lze docílit pulzním obloukem a vyšším svařovacím proudem. Při vyšších svařovacích parametrech dochází k většímu přestupu tepla, tvorbě širší teplem ovlivněné oblasti, to má za následek odpařování zinku z povrchové vrstvy, která se tím zničí.

Nejvhodnějším přídatným materiálem je měď jako drátová elektroda, která se obvykle leguje 3 % křemíku. Touto drátovou elektrodou je tvořena výplň materiálu při svařování. V automobilovém průmyslu se pak konkrétně používá drát CuSi3, který je vhodný pro

malou tvorbu rozstřiku, a dobré tvoření housenky. Vhodný je zejména kvůli malému přenosu tepla do okolního materiálu, a to díky teplotě tavení přídavného drátu CuSi3, která se pohybuje od 900 °C do 1080 °C. Přičemž teplota odpařování zinku z povrchové vrstvy bývá přibližně 919 °C. Pokud jsou dodrženy vhodné parametry svařování s co nejmenší možnou teplotou oblouku, je zinkový povrch udržen katodickými silami v dostačující vrstvě v přechodové oblasti mezi základním materiálem a housenkou svaru. Při svařování drátem CuSi3 je tendence k tvorbě vnitřních pórů. Ty jsou však tolerovány protože většinou nemají vliv na mechanické vlastnosti svaru.

Pro svařování drátu s křemíkového bronzu je doporučen jako přídavný plyn čistý argon, nebo směsi argonu. Argon + 1% O₂, Ar + 2,5% CO₂, Ar + 0,03% Ne. Směsi argonu mají dobrou stabilitu oblouku.

Směsi argonu s O₂ nebo s CO₂ mají spoustu výhod. Stabilní oblouk a svařovací proces, pěkný vzhled housenky, rapidní snížení rozstřiku, malou pórovitost, snížení tvorby oxidu ve švu a dobrou smáčivost.

Nevýhodou aktivních plynů, tedy plynů obsahujících kyslík jsou formace oxidu měďného (Cu₂O), které vytváří křehké mikrostruktury, které jsou vyvolány v různých stupních tavení základního materiálu z důvodu vyšších hodnot tepelného příkonu. To je způsobeno rozdílnou teplotou tavení mědi, kterou zapříčiňuje existence oxidu měďného. Křemík v přídavném materiálu má odkysličující efekt. Díky tomu se snižuje vytváření formací tohoto oxidu měďného.

Průtok plynu je velmi důležitý pro přenos, stejně jako ostatní parametry svařování. U MIG-pájení proto může být nezbytné volit větší průtok plynu než u MIG (131) svařování.

Pro MIG-pájení jsou možné dva druhy přenosu. Zkratový oblouk (SA), nebo řízený pulzní oblouk (PA). Vzhledem k tomu že je důležité, aby odpařování zinku bylo co nejmenší stejně jako co nejmenší deformace svařence. Zdají se být varianty s co nejmenším přenosem tepla výhodné. Avšak nastavení správně pulzujícího přenosu je velmi náročné, a potřebuje dlouhé zkoušení. Zkratový oblouk má nižší tepelný příkon, ale nemá dobré smáčivé vlastnosti. To znamená, že geometrie svaru je horší než při použití pulzního oblouku.

Pulzní oblouk má tendenci natavovat základní materiál z důvodu vyššího tepelného příkonu. Přenos je lepší, jsou lepší i smáčecí vlastnosti a to i pro malé množství pájky. Řízený pulzní oblouk vytváří lepší geometrii svaru, širší a plošší housenku.

Zkratový oblouk má menší tepelný příkon než řízený pulzní oblouk. Při zkratovém oblouku je důležité dbát na nastavení stroje, kdy je zkratový oblouk náchylnější k vyšší

tvorbě rozstřiku. Jinak je rozstřik u obou případů přibližně stejný. Pro pulzní oblouk je důležité pečlivé seřízení stroje k zajištění stability svařovacího procesu [14][15].

3.4 MIG-pájení

MIG-pájení je využíváno tam, kde by klasické MIG/MAG (131/135) svařování mohlo poškodit povrchovou vrstvu materiálu svou teplotou, která čítá 1650 °C. Při svařování pozinkovaných plechů tradičními metodami vznikají vady spoje způsobené odpařováním zinku (neprůvary, póry, trhliny), ten je odpařován již při 919 °C. Přídavným materiálem pro MIG-pájení je křemíkový bronz, nebo hliníkový bronz. Při tavení těchto pájek se teplota pohybuje kolem 900 – 1080 °C (u CuSi3). Ochranným plynem je Argon, nebo Argon s 2,5% Oxidu uhličitého. Proto MIG- pájení nahradilo běžný způsob svařování MIG (131)[10].

Závitová deka bude připájena drátem z křemíkového bronzu CuSi3 o průměru 1 mm, v ochranné atmosféře Ar.

Tab. 10 Chemické složení přídavného materiálu [16].

Křemíkový bronz		Chemické složení, hmotnostní [%]								
		Fe	Sn	Mn	P	Pb	Al	Zn	Si	Cu
Značka	Číselné označení									
CuSi 3	2.1461	0,5	0,2	3,0	0,02	0,02	0,01	0,2	2,8-4,0	95

Tab. 11 Mechanické vlastnosti přídavného materiálu [16].

Smluvní mez kluzu $R_{p0,2}$ [MPa]	Mez pevnosti R_m [MPa]	Tažnost A5 [%]	Tvrdost [HB]	Teplota tavení Drátu [°C]
130	350	40	80-100	900-1080

Svařovací stroje

Svařovací stroje se skládají:

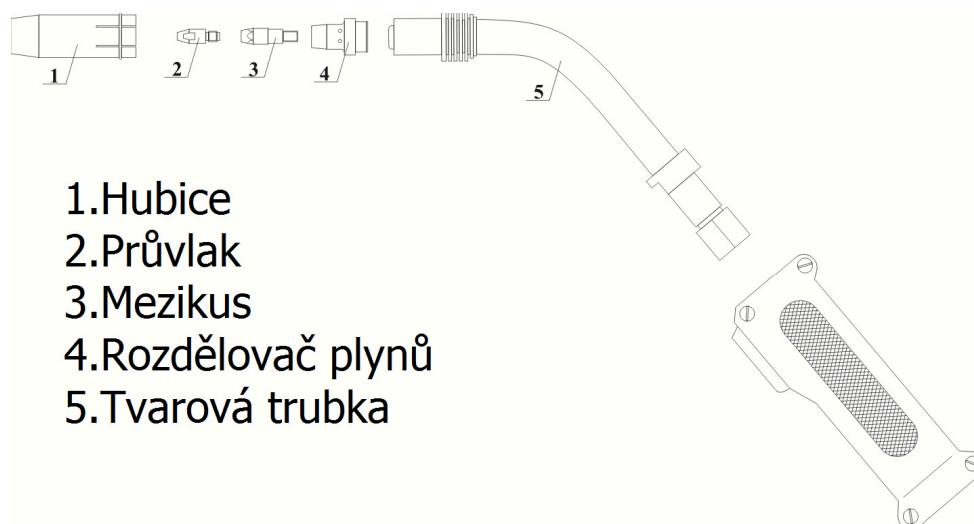
- zdroj s řídicí jednotkou
- podavač drátu
- kabel s hořákem
- ukostřovací svorka s kabelem
- zásobník plynu s redukčním ventilem

Pro MIG-pájení se používají stejné svářečky jako pro MIG (131) a MAG (135) svařování. Svařujeme se zdrojem stejnosměrného napětí. Dnes je tento zdroj nejčastěji invertorový. Oblouk musí být udržován konstantní a to v závislosti na napětí a rychlosti podávání drátu. Svářečka musí mít samoregulaci. Při svařování oblouk kolísá kolem ideální hodnoty. Kladný pól zdroje je připojen ke svařovacímu drátu.

Ke zdroji je připojeno podávací zařízení. Kterým je svařovací drát odvíjen z plastového bubnu nebo z válce tvořícího zásobník k hořáku. Záleží na potřebném objemu a velikosti dodávky přídatného materiálu vzhledem k provozu či velikosti svářecího stroje. Podávací zařízení je buď součástí stroje, nebo je jako samostatný stroj připojeno ke svářečce. Skládá se buď z jedné, dvou nebo čtyř podávacích kladek, ve kterých jsou drážky podle průměrů podávaných svařovacích drátů. Svařovací drát je veden spolu s plynem kabelem k hořáku od svářecího stroje.

Malé stroje s integrovaným podavačem jsou charakteristické menším výkonem 250-300 A. Velké svářečky s odděleným podáváním mají kolem 500 A.

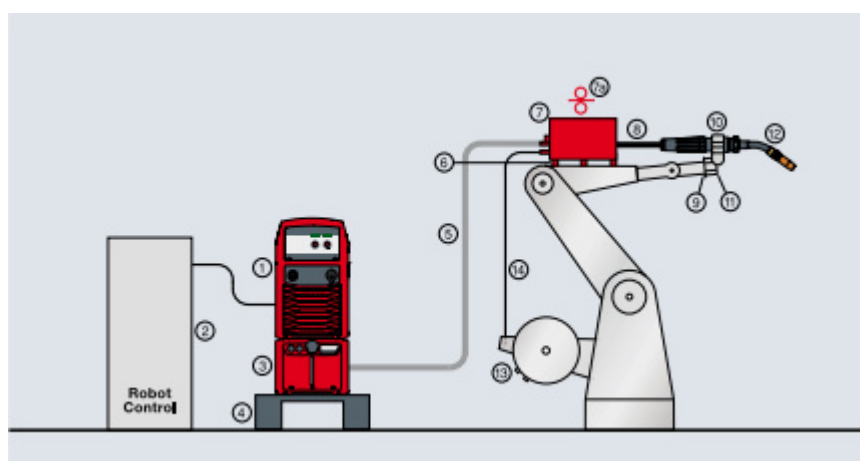
Hořák má za úkol přivést drát do místa svařování a napájet ho. Zároveň hořákem laminárně proudí ochranný plyn okolo drátu. Hořák se musí chladit, to nám u nízko výkonných svářeček zajistí průchod plynu. Velké výkony musí být dodatečně ochlazovány kapalinovým chlazením. Drát je napájen průvlakem na konci tvarové trubky. Průvlak je v hubici, do které ústí plyn. Hubice je měděná a pochromovaná kvůli ulpívání částic svarového kovu, které jsou rozstříkovány při svařování [10].



Obr. 3.9 Schéma hořáku [17].



Obr. 3.10 Svařovací inventar MIG/MAG [18].



Obr. 3.11 Schéma svařovacího robota pro MIG pájení. Zdroj jako samostatná jednotka a podavač s hořákem jsou na robotickém rameni [19].

3.5 CMT

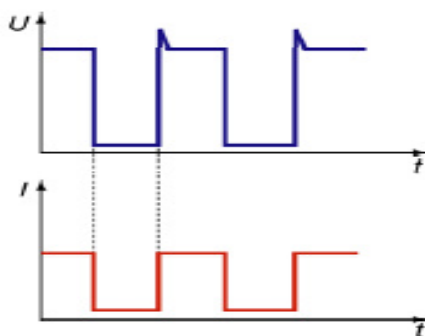
CMT (Cold Metal Transfer) je považován za nový způsob svařování, který dokáže splňovat přísné požadavky na kvalitu spoje. Zejména při svařování tenkých plechů. Vyznačuje se stabilitou, reprodukovatelností a efektivním využitím prostředků. Jedná se o alternativu, která by v budoucnu mohla nahradit MIG-pájení.

Svařovací proces CMT je založený na pulzním svařovacím napětí a proudu. CMT je vytvořen na základním MIG/MAG (131/135) svařovacím systému.

Přídavný materiál (slitiny hliníku) je dodáván do svařovací lázně bez napájení svařovacím proudem a napětím, toto je znázorněno na obrázku číslo 3.12. Svařovací drát je proti podávacímu pohybu zasunován zpět ve velmi krátkých intervalech. Díky tomu dochází k přesnému a kontrolovatelnému uvolnění kapky, která se tak bez rozstříku přenesla na materiál. K tomuto druhu přenosu dochází ve vysoké frekvenci. Kdy se za jednu sekundu dokáže uvolnit jednotlivě až sedmdesát kapek.

Svařovací stroj je schopen dosahovat takové frekvence dávkování díky zabudovanému podavači drátu přímo ve svařovacím hořáku. V momentě kdy napájecí zdroj zaznamená zkrat, tak je odpojen svařovací proud a drát se začne navíjet. Takto dojde k oddělení kapky bez rozstříku či s velmi malým rozstříkem. Poté se drát zase posune dopředu a celá perioda se opakuje. Vysoká frekvence a precizní kontrola nad posuvy jsou základním požadavkem ke kontrolovanému přenosu materiálu. Pohon navíjení drátu v hořáku je stavěn pro rychlost posuvu, ne pro sílu tažení. Drát je proto napájen přes pomalejší a silnější hlavní podavač drátu. Vodič vyrovnávací paměti na vodiči přívodní trubice drátu se používá k převedení vysoké frekvence překrývajících se pohybů drátu na lineární posuv.

CMT je vysoce kontrolovatelný systém svařování, proto lze přesně s dobrými vlastnostmi spojovat tenké materiály. Díky řízenému svařovacímu pulzu a přídavnému materiálu ze slitin hliníku, nedochází k nadbytečnému předávání tepla do okolního materiálu. Teplota tavení slitin hliníku se pohybuje od 480 do 630 °C.[20].



Obr.3.12 Napětí a proud při svařování v CMT [20].

4 KONTROLA VLASTNOSTÍ SVAŘOVANÝCH SPOJŮ

Kontroly vlastností spojů se řídí převážně dle požadavků zákazníka, aby byla dodržena nejvyšší kvalita svarů. V této kapitole budou popsány druhy běžně prováděných zkoušek ve firmě, které budou převedeny i na nové pracoviště. Některé ověřování spojů bude prováděno v určitých cyklech přímo v provozu na předem určených místech. Některé metody kontrol budou použity jen při zavádění výroby k seřízení a ověření parametrů svařování.

4.1 Odporové svařování plechů

4.1.1 Stanovení minimálního průměru čocky

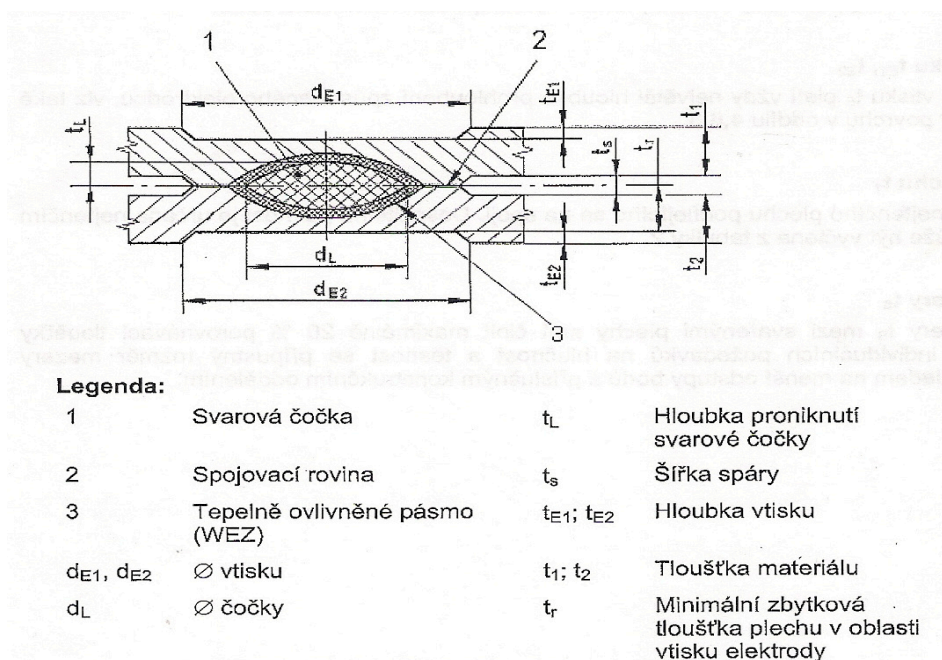
Průměr čocky se stanovuje na spojovací rovině svařovaných materiálů. Měřena je na nejtenčím spojovaném materiálu. Podle tloušťky nejtenčího materiálu se zároveň určí předepsaný rozměr čocky, který se odečte z tabulky. K tomu, aby mohla být změřena, je třeba provést výbrus materiálu nad čockou. Ten je třeba vhodně odstranit, aby nebyla poškozena struktura svaru. Vzorek se připravuje obdobným způsobem, jako pro metalografické zkoušení svarových vad.

Pro všechny bodované spoje je počítáno s tloušťkou plechu 1,2 mm. Je to nejmenší použitá tloušťka plechu, která bude u všech bodovaných spojů. Z tohoto plechu je totiž vytvořena Spodní výztuha sloupku A, tedy součást, na kterou budou přivařeny ostatní komponenty. Průměr čocky bude měřen posuvným měřidlem. Hodnota průměru čocky je stanovena na 3,8 mm (dl). Dle dohody se zákazníkem bude tento druh zkoušky prováděn jako ověření vlastností při zavádění výroby [21].

4.1.2 Kvalita povrchu

Kvalita povrchu je předepisována zákazníkem. Vzhled povrchu se hodnotí dle viditelnosti svaru a podle rozstřiku materiálu na povrchové vrstvě. Aby byl bod nejméně viditelný, je třeba, aby vtisk elektrod byl co nejmenší. Tímto se také zajistí co nejmenší rozstřík. Struktura povrchu pak bude nejkvalitnější. Stupeň jakosti povrchu se řídí hloubkou vtisku, která bývá uváděna na výkrese součástí. Tato součást se nenachází

v interiéru vozidla či na viditelném místě karoserie, a tak nejsou určeny speciální požadavky pro kvalitu povrchu [7].



Obr. 4.1 Schéma svarového bodu [21].

4.1.3 Zkouška stříhem

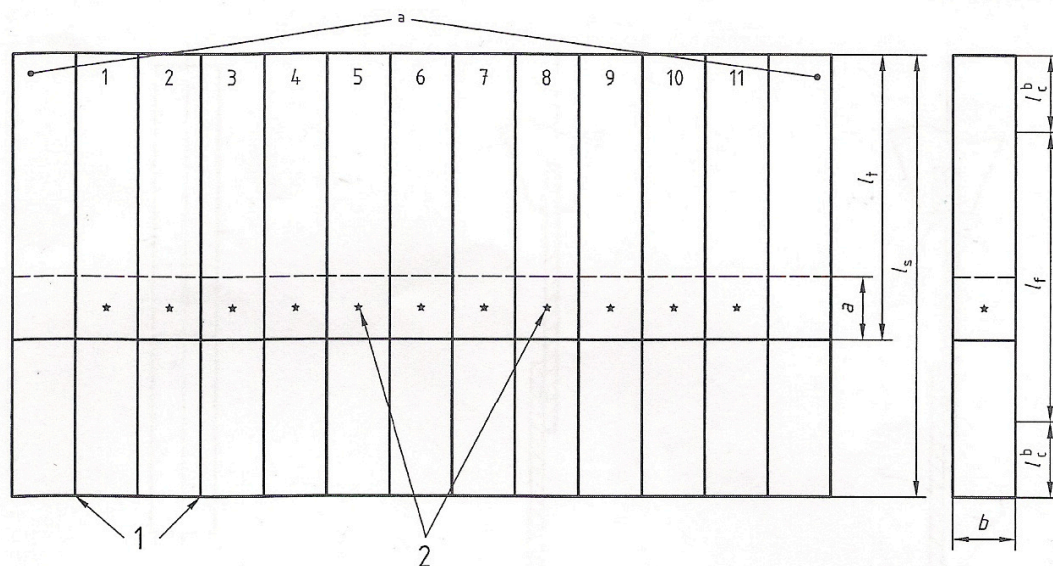
Tento druh zkoušky bude prováděn stejně jako stanovení průměru čočky pouze při zavádění výroby. Bude se provádět pro jednotlivé druhy materiálů na speciálně vyrobených vzorcích. Nejdůležitějším parametrem pro odečtení z normy zůstává tloušťka nejtenčího materiálu. Nejtenčím materiálem disponuje Spodní výztuha sloupku A. Na tu budou navařeny ostatní součásti svařence. Proto budeme při návrhu zkoušky počítat pouze s tloušťkou 1,2 mm, jak už bylo popsáno v kapitole 4.1.1.

Rozměry jednotlivého zkušebního vzorku jsou určeny normou. Pro vícebodové svařování je třeba vytvořit nejméně jedenáct vzorků. Ty se vytvoří buď jednotlivě už na hotové vzorky. Nebo jsou svařeny dva pláty, které je poté potřeba rozřezat na jednotlivé kusy. Důležité je, aby metoda dělení těchto plátů neovlivnila svarový spoj. První a poslední spoj jsou ze zkoušení vyřazeny, stále platí, že pro zkoušení musí zůstat nejméně jedenáct vzorků. Pokud je použita metoda s větším plátem plechu, který pak bude rozřezán, je třeba při svařování zvolit vyšší svařovací proud z důvodu bočního průchodu proudu.

Samotné zkoušení probíhá za pokojové teploty na trhacím stroji dle požadavků ISO 7500-1. Vzorek bude připevněn za pomoci podložných plechů z důvodu tloušťky plechů pod 3 mm. Minimální tažná síla v stříhu (F_{min}) musí být 4 kN [22].

Tab. 12 Rozměry zkušební vzorku pro zkoušku stříhem [22].

Tloušťka t [mm]	Přeplátování a [mm]	Šířka vzorku b [mm]	Délka vzorku l_s [mm]	Volná délka mezi čelistmi l_f [mm]	Délka jednotlivých zkušebních ústřížků l_t [mm]
1,2	35	45	175	95	105



a) Vícebodový zkušební kus

b) Jednobodový zkušební vzorek

Legenda

1 Řezy

2 Body

^a Vyřazeno

^b Délka upnutí

Obr. 4.2 Zkušební vzorky pro vícebodové svařování a jednobodové. Rozměry dle tabulky 12 [22].

V záznamu o zkoušce musí být uvedena metoda svařování. Rozměry vzorků. Parametry svařování a svařovacího zařízení. Materiál. Typ porušení svaru. Jednotlivé hodnoty stříhové síly pro vzorky, jejich střední hodnota a směrodatná odchylka. Průměry svarů a jejich směrodatná odchylka [22].

4.1.4 Rázová zkouška stříhem „Sekáčová metoda“

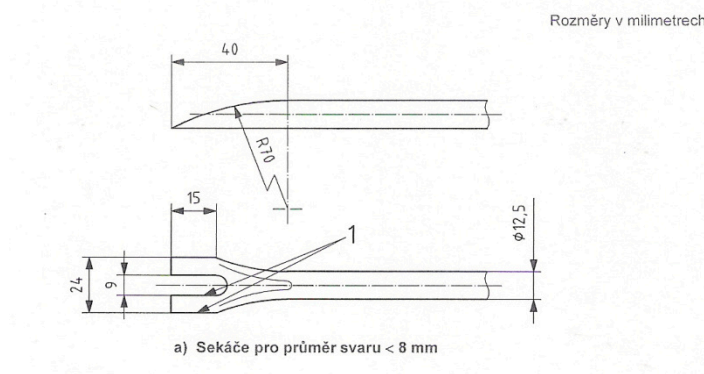
Rázová zkouška stříhem pro ověřování odporových bodových svarů se bude používat jako průběžná kontrola kvality bodovaných spojů. Kontrola se provádí na reálném svařenci nebo na vzorcích z něj vytvořených.

Jedná se o destruktivní zkoušku, kdy je sekáč rázy od kladiva zatlačován mezi spojené plechy v blízkosti bodu. Sekáč je navržen přímo pro toto zkoušení a jeho rozměry jsou určeny normou (obr. 4.3). Zarážení sekáče, se provádí po tu dobu, než dojde poruše svaru. Požadováno je oddělení materiálů, aby byla viditelná část, kde byl vytržen svar. Nebo aby byla viditelná dělicí rovina, pokud se materiál oddělil v tomto místě. Toto zkoušení lze provádět i strojově. Stroj je navíc schopen změřit potřebnou sílu k vytržení materiálu. Pak lze hodnotit další parametr. Zkoušení s pomocí stroje nebude použito.

Principem této metody je měření velikosti svaru po vytržení, a určení druhu vytržení. Tvar vytrženého bodu může být symetrický, nesymetrický, nebo s částečným vytržením. Další možností je, že se svar vytrhne ve spojovací rovině. K symetrickému vytržení prakticky nedochází.

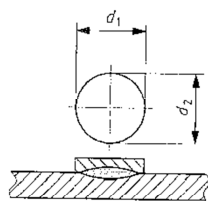
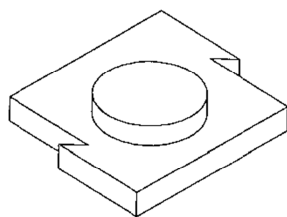
Vlastní měření se provádí nožovým měřidlem a to na největším a nejmenším rozměru. Rozměry jsou poté přepočteny dle druhu vytržení. Při vytržení ve spojovací rovině je třeba při měření používat zvětšovací lupu, či optické měřidlo se zabudovanou stupnicí. Měří se část s drsným povrchem, to je ta část, kde došlo k vytržení. Proto je důležité pozorně opticky stanovit rozhraní, mezi vytrženou částí a teplem ovlivněnou oblastí, která bývá zabarvena. Druhy vytržení a vzorce pro stanovení průměru bodu jsou uvedeny v obrázku číslo 4.4. Výsledný minimální průměr bodu se stanoví podle vzorce. Kdy je násoben, průměr čočky. Odečtený průměr bodu je stanoven na 4,37 mm [21][23].

$$dp = 1,15 * dl [mm] \quad (5)$$

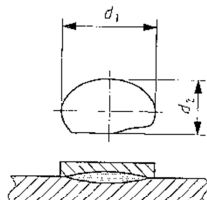
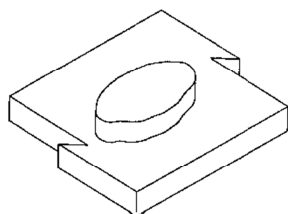


Obr. 4.3 Sekáč [23].

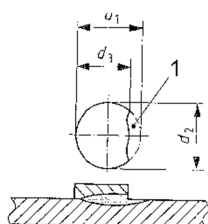
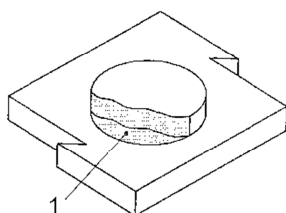
a) Svar s porušením vytržením



a) Symetrickým ^a

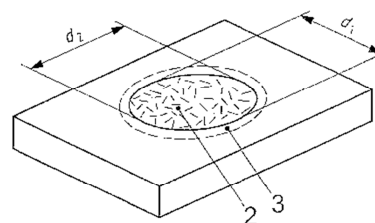


b) Nesymetrickým ^a



c) Částečným ^b

b) Porušení v dělicí rovině



Legenda

- 2 ustřížená svarová čočka
- 3 tepelně zabarvená oblast

$$d = d_p = (d_1 + d_2)/2.$$

Legenda

^a $d = d_p = (d_1 + d_2)/2.$

^b $d = (d_1 + d_2)/2$ a

$d_p = (d_2 + d_3)/2.$

Obr. 4.4 Druhy vytržení, místa měření, výpočet průměru [23].

Po provedení zkoušky se vyplní protokol o zkoušce. V tomto protokolu se uvede norma, podle které bylo zkoušeno, druh zkoušky, popis zařízení na zkoušení, že jde o bodové svařování, parametry svařování, vlastnosti materiálu, rozměry svaru a typ porušení [24].

Elektrody na bodovacích kleštích se svařováním opotřebovávají. Dochází ke zvětšování průměru špičky elektrody. Tím pádem dochází ke zvětšení stykové plochy, tedy i ke zvětšení odporu. To znamená, že se kvalita spoje zhoršuje. Tomuto jevu můžeme zamezit tím, že stroj po určitých cyklech, které budou určeny pokusem, zvětšuje parametry svařování. Tedy zvýšením času přitlaku či proudu, nebo obou parametrů. Po určitém množství těchto bodů je třeba vyměnit elektrody či je nechat ofrézovat. K ofrézování špičky dochází cca po 200 bodech [24].

4.2 Odporové navařování matic

4.2.1 Minimální utahovací moment

Minimální utahovací moment se používá jako průběžná kontrola spojů navařených matic. Hodnoty utahovacího momentu M_k se udávají v Nm a určují se dle tloušťky materiálu na, který bude matice navařena a podle druhu matice. Navařovací matice se čtyřmi bradavkami se závitem M8 bude navařena do obou výztuh.

Zkoušení probíhá tak, že zkoušený kus je upnut do svěráku a momentový klíč se nasadí na matici. Utahuje se tak dlouho, než je matice utržena, nebo než je dosažen požadovaný moment na momentovém klíči. Pokud je matice odtržena je třeba provést korekci stroje, aby byla zaručena kvalita spojení. Po zavedení výroby se zkoušení utahovacího momentu provádí jen jako ověření. K odtržení matice by už nemělo docházet.

U výstupkového odporového svařování matic je výhodou, že nedochází ke změně parametrů při svařování. Elektrody jsou totiž výstupky na matici a ty mají konstantní rozměr. Minimální utahovací moment M_k pro toto spojení musí mít nejméně 72 Nm [24] [25].



Obr. 4.5 Momentový klíč [26].

4.2.2 Minimální síla vrcholového tahu

Zkouška vrcholového tahu se stejně jako zkouška utahovacího momentu používá k ověření vlastností během výroby.

Hodnoty, které musí spoj plnit, jsou odečteny stejně jako u zkoušení utahovacího momentu, dle tloušťky materiálu a dle matice. Aby bylo dosaženo správného výsledku zkoušení, musí být matice úplně odtržena od materiálu. Minimální síla vrcholového tahu

pro tento výrobek činí 2900 N. Výrobek je upnut do zkoušecího zařízení pomocí speciálních adaptérů. Tento adaptér je přišroubován do matice. A vsazen do stroje. Při zkoušení se otáčí klikou stroje, čímž se přitahuje matice. Obrobek okolo matice se opírá o stěnu stroje. Klikou měřicího zařízení se otáčí, než dojde k odtržení. Po odtržení je z přístroje odečte hodnota [25].



Obr. 4.6 *Trhací zařízení* (Foto autor).

4.2.3 Průchodnost závitu

Průchodnost závitu je testována kalibrem M8-6G. Je třeba ověřit, zda nedošlo ke změně parametrů, které by mohli tepelně zdeformovat závit matice. Nebo může být přivařena vadná matice. Také se zjišťuje, zda nedochází ke znečištění vnitřku matice rozstříkem. Pokud kalibr projde celým závitem i dírou ve výlisku, ověří se tak i souosost a správné seřízení stroje a přípravku.

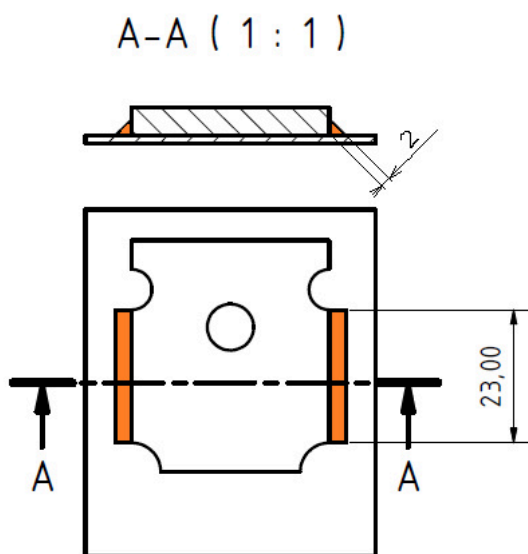
4.2.4 Pohledová kontrola

Pohledem se kontroluje provedení svarů. Jejich čistota, okuje, přilnuté kuličky. Dále se kontroluje nepoškozenost dílu. Jeho tvar, a zda je kompletní.

4.3 MIG-pájení

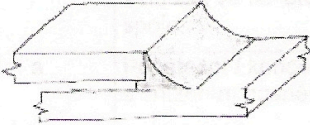
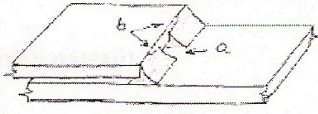
4.3.1 Posouzení vizuální prohlídkou

Měření svarů bude prováděno pomocí posuvného měřidla 150/0,02 mm. Kontrolována bude délka svaru a výška svaru. Rozměry svarů a jejich počty jsou popsány na výkresu svařence. Umístění svarů a jejich rozměry jsou znázorněny na obrázku 4.7. Závitová deska bude přivařena dvěma švy o výšce 2 mm a délce 23 mm [2][27].



Obr. 4.7 Umístění a znázornění rozměrů svarů závitové desky.

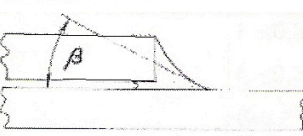
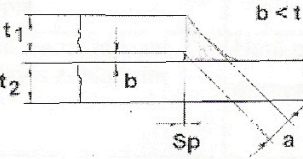
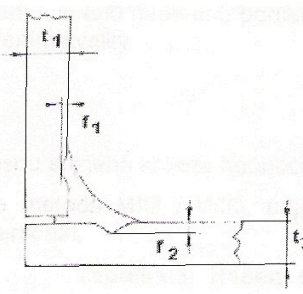
Další charakteristiky pro vizuální hodnocení koutového spoje jsou pro přehlednost uvedeny na obrázku tabulky číslo 4.8.

Číslo	Pojmenování vady	Poznámka	Mezní hodnoty
1	Vytvoření povrchu pájeného švu (dle VW 011 43) a) Koutový svar s přeplátovaným stykem		Pájená spára musí být průběžně vyplněna pájkou. Průběh švu musí mít rovnoměrný vzhled. .
2	Povrchové trhliny pájeného švu	Oddělování materiálu (podélné nebo příčné trhliny) na pájeném povrchu	Nepřípustné, oprava nutná
3	Povrchové trhliny základního materiálu	Oddělování materiálu v základním materiálu viditelné na povrchu materiálu	Nepřípustné, oprava možná pouze se souhlasem technického vývoje a oddělení kvality (úprava viz oddíl 3)
4	Otevřené póry, porézní nebo šupinatý povrch švu	Póry viditelné na pájeném švu	Ve viditelné oblasti nepřípustné, opravy nutné
5	Propálení plechu	Základní materiál je místně nataven a vytvořil vadná místa	Nepřípustné, opravy možné pouze se souhlasem technického vývoje a oddělení kvality (úprava viz oddíl 3)
6	Nezachycená čela pájených míst, nedostatečné koutové spoje	 Pájka vytvořila neúplný koutový spoj (a). Čelo švu není úplně zachyceno (b).	Nepřípustné, opravy nutné
7	Převýšení švu (přetečení pájky)	Přebytek pájky na povrchu obrobku	Podmíněně přípustné, pokud není negativně ovlivněna funkce konstrukčního dílu. Oprava možná.
8	Rozstřík pájky	Kapky materiálu, které jsou nataveny na povrchu základního materiálu nebo pájeného švu	Podmíněně přípustné, pokud není negativně ovlivněna funkce konstrukčního dílu. Oprava možná.
9	Zápaly	Nepřípustné zeslabení, popř. zúžení základního materiálu v oblasti vedle letovaného spoje.	Nepřípustné, oprava nutná
10	Otevřené počáteční a koncové krátery	Počáteční / koncové krátery s snížením nosného průřezu	Nepřípustné, oprava nutná
11	Vykvétání, zbytky tavidla (pouze při použití tavidel)	Výtok tavidla z pájeného švu, neodstraněné tavidlo	Nepřípustné, oprava nutná

Obr. 4.8 Zhodnocení vnějších vad pro vizuální zkoušku [27].

4.3.2 Metalografický výbrus

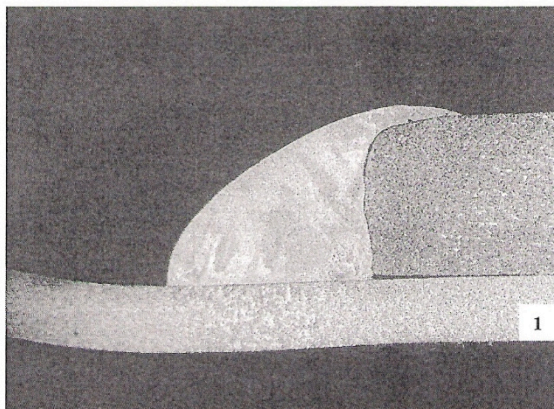
Vnitřní vady spoje u MIG pájení je možné posuzovat pouze metalografickým výbrusem. Zkušební vzorek se dělí v rovině kolmé na podélnou osu svaru. Plochy se poté brousí, leští a leptají tak aby byly zřetelná místa spojení. Řezy se volí dle počtu svarů a jejich provedení. Řez musí být proveden nejméně 5 mm od začátku švu a 5 mm od konce švu. Vnitřní vady a měření na vzorku v obrázku 4.9 [27].

Číslo	Pojmenování vady	Poznámka	Mezní hodnoty
1	Trhliny v základním materiálu	Oddělování materiálu popř. poškození v základním materiálu (např. rozpraskání pájení)	Nepřípustné, oprava možná pouze se souhlasem technického vývoje a oddělení kvality (úprava viz oddíl 3)
2	Uhel zkropení (tupý svar nebo koutový šev)		Přechod pájený materiál/základní materiál na čelu švu musí být pokud možno vytvořen tangenciálně. $\beta < 90^\circ$
3	Tloušťka švu a popř. a_{\min} , a výplň spáry Sp Tloušťka švu a je definována jako nejmenší společná spojovací šířka mezi obrysovými konturami letovaného švu ve výbrusu		pokud $b < t_{\min}$ platí: $a \geq 0,7 \times t_{\min}$ $a \geq Sp \geq 0$
4	Nataveniny, závary pájky, eroze	 lokální, avšak neprůchozí závary základního materiálu působením pájky popř. zdrojem tepla	$f_1 \leq 0,3 \times t_1$ $f_2 \leq 0,3 \times t_2$ ($t_{1/2}$ = tloušťka plechu nataveného materiálu) Poznámka: Při průchozím závaru pájky je vnesená energie příliš velká, proto je nutno přizpůsobit procesní parametry.
5	Chyby navázání, resp. chyby smáčení	Žádné nebo nedostačující spojení pájky s základním materiálem	Není přípustné, oprava nutná
6	Uvnitř ležící dutiny	Vměstky plynů ve formě jednotlivých dutin, hnízd dutin, řetězců dutin a červovitých dutin	Podmíněně přípustné, pokud není negativně ovlivněna funkce konstrukčního dílu
7	Vměstky pevných látek	Uložení cizích materiálů a nekovových částic v pájeném švu	Podmíněně přípustné, pokud není negativně ovlivněna funkce konstrukčního dílu

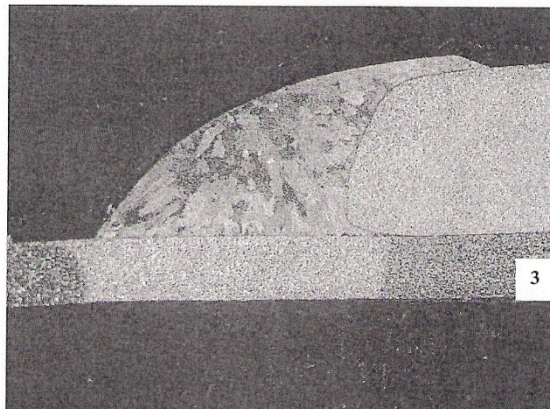
Obr. 4.9 Zhodnocení vnitřních metalografickým výbrusem [27].

Makrostruktura

Obr. 1 vzorek č. 1 zv. 10x



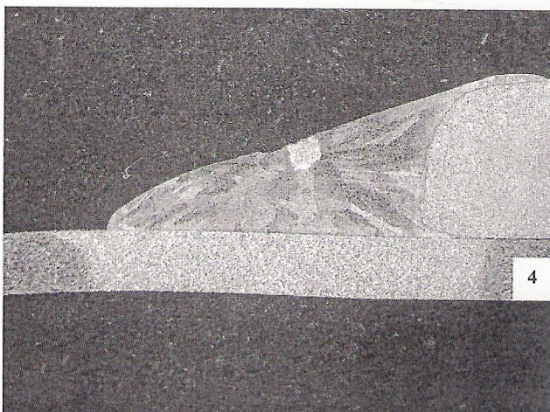
Obr. 3 vzorek č. 3 zv. 10x



Obr. 2 vzorek č. 2 zv. 10x



Obr. 4 vzorek č. 4 zv. 10x



Makrostruktura dodaných byla kontrolována po naleptání 15% HNO_3 (obr. 1 -4). Výsledky hodnocení jsou uvedeny v tabulce:

Vzorek č.	Makrostruktura	Úhel zkropení β	Tloušťka švu a (mm)	TOO (mm)	Obr.
1	bez vad	74°	2,1	TL/ 2,0	1
2	bez vad	70°	2,2	TL/ 2,4	2
3	bez vad	56°	2,2	TL/ 2,1	3
4	bez vad	67°	1,9	TL/ 2,1	4
Požadavek		$\beta < 90^\circ$	$a \geq 0,7 \times t_{\min}^*$		

* $t_{\min} = 1,2 \text{ mm}$

Obr. 4.10 Příklady metalografických výbrusů s tabulkou vyhodnocení [28].

Vady vyhodnocené v pájeném spoji podle tabulek na obrázcích 4.8 a 4.9, které je nutno opravit se řídí systémem oprav. Uvedeno v obrázku číslo 4.11. Pokud je vada nalezena jednotlivě, kus se vyřadí. Při větším výskytu vad se přistupuje k jejich opravám po dohodě se zákazníkem.

Č.	Vyskytující se vady	Opatření
1	Otevřené dutiny, porézni nebo šupinatý šev	Dodatečné pájení nebo oprava vhodným plnicím materiálem (v případě potřeby vybrousit)
2	Povrchové trhliny v pájce	Kompletní vybroušení a dodatečné pájení se stejnou pájkou, dbát na zbytkové tloušťky plechu 2)
3	Zápaly, počáteční a koncové krátery	Řešení opravného pájení viz plán zkoušek, resp. pracovní pokyny výroby, dbát na zbytkové tloušťky plechu 2)
4	Nataveniny, rozstřík pájky, převýšení švu, výkvěty, zbytky tavidla	Vybroušení, popř. odstranění pomocí vhodného nástroje nebo pomocného prostředku; dbát na zbytkové tloušťky plechu 2)
5	Propadlý pájený šev	Oprava stejným druhem pájky
6	Vady napojení a smáčení	Vybroušení a opravné pájení se stejným druhem pájky, pokud je vybroušení nutné; dbát na zbytkové tloušťky plechu 2)
7	Nedostatečné koutové svary, nezachycená čela švů	Opravné pájení se stejným druhem pájky
8	Chybějící svary	Opravné pájení se stejným druhem pájky
9	Trhliny v plechu a závary v plechu, které lze po dohodě s technickým vývojem oddělením kvality opravit.	Řešení opravného pájení viz plán zkoušek, resp. pracovní pokyny výroby; je nutno uvést použitou metodu pájení, popř. svařování; dbát na zbytkovou tloušťku plechu 2) Riziko koroze při průniku pájky na vnější stranu karoserie

2) Je nutno dbát na to, že při úběru materiálu nesmí být nesplněna minimální zbytková tloušťka plechu. Pokud není na výkrese konstrukčního dílu nebo technickým vývoje udána žádná hodnota, platí nejmenší zbytková tloušťka plechu $r \geq 0,9 t$.

Obr. 4.11 Systém oprav vad na pájených spojích [27].

4.3.3 Průchodnost závitu

Průchodnost závitu se ověřuje závitovým kalibrem M8-6H stejně jako u matice výztuhy závěsu. Důvod je stejný. Zjistit vadu či znečištění závitu a ověřit souosost závitu Závitové desky s Výztuhou sloupku A.

4.4 Kontrolní plán

Firma se při vytváření plánu kontrol řídí svými interními předpisy. Dle počtu kusů se určí četnost kontrol. Podle dodavatele robotizovaného pracoviště bude celkový čas na spojení součástí svařence do jednoho celku jedna minuta. Předpokladem je, že za směnu

bude vyrobeno 410 kusů výztuhy sloupku A. Pro výstupní kontrolu to znamená, že bude prověřeno 5 kusů z každé vyrobené dávky. Celkový kontrolní postup bude popsán v následujících kapitolách.

4.4.1 Výztuha závěsu 1 a 2

Kontroly těchto dvou dílů budou popsány v jedné kapitole. Do obou těchto dílů bude navařena matice a jejich zkoušení bude identické.

Tab. 13 Kontrola během výroby.

Popis kontroly	Měřidlo	Četnost	Plán reakcí na vadu
Kontrola parametrů stroje		Začátek směny	Při zjištění vady je nutné seřídít stroj. Vadné díly vyřadit. Pokud je neshoda při bodování, je nutná 100 % kontrola dílů do předchozího měření.
Kontrola závitů M8-6G	Kalibr M8-6G	1 kus za hodinu	
Souosost otvoru a matice	Kalibr M8-6G (kalibr musí projít závitem i otvorem ve výlisku)	1 kus za hodinu	
Nepoškození a úplnost tvaru dílu	Pohledem dle vzorku	1 kus za hodinu	
Pevnost svaru matice – Mk min. 72 Nm	Momentový klíč 0 + 200 Nm	2 kusy za směnu	
Pevnost svaru matice – tah min. 2900 N	Trhací zařízení	1 kus za směnu	

Tab. 14 Výstupní kontrola.

Popis kontroly	Měřidlo	Četnost	Plán reakcí na vadu
Kontrola závitu M8-6G	Kalibr M8-6G	5 kusů z dávky	Vrátit na dílnu ke 100 % přetřídění. Vadné díly izolovat.
Souosost otvoru a matice	Kalibr M8-6G (kalibr musí projít závitom i otvorem ve výlisku)		

4.4.2 Svařenec

Celý svařenec se skládá ze dvou pájených švů. Plus je na něm dohromady 15 bodů.

Tab. 15 Kontrola během výroby.

Číslo	Popis kontroly	Měřidlo	Četnost	Plán reakcí na vadu
1	Kontrola parametrů stroje		Začátek směny	Při zjištění vady je nutné seřídít stroj. Vadné díly vyřadit. Pokud je neshoda při bodování, je nutná 100 % kontrola dílů do předchozího měření.
2	Správná poloha nabodovaných dílů na Spodní výztuhu sloupku A	Pohledem dle vzorku	1 kus za hodinu	
3	Tolerance polohy svařovaných bodů 15 x ± 3 mm	Pohledem dle vzorku		
4	Kontrola závitu závitové desky M8-6H + průchodnost	Kalibr M8-6H		
5	Souosost závitu závitové desky s otvorem výlisku	Kalibr M8-6H (kalibr musí projít závitom i otvorem ve výlisku)		

Číslo	Popis kontroly	Měřidlo	Četnost	Plán reakcí na vadu
6	Délka svaru 23 mm	Posuvka 150/0,02 mm	1 kus za hodinu	<p>Při zjištění vady je nutné seřídít stroj. Vадné díly vyřadit. Pokud je neshoda při bodování, je nutná 100 % kontrola dílů do předchozího měření.</p>
7	Výška svaru 2 mm	Posuvka 150/0,02 mm		
8	Celkové provedení tavných svárů (okuje, kuličky, čistota)	Pohledem dle vzorku	100 % kontrola	
9	Nepoškození a úplnost tvaru dílů	Pohledem dle vzorku	1 kus za hodinu	
10	Pevnost bodového svaru – střední průměr svarového bodu po vytržení dílu Výztuha závěsu 2 dP min. 4,5 mm (5 x)	„Sekáčová metoda“ – posuvka 150/0,02 mm (průměrná hodnota výčnělků d1 a d2 – dvě měření přesazené o 90°)	Seřizovač 1 kus při seřízení a po zásahu. 1 kus na začátku směny	
11	Pevnost bodového svaru – střední průměr svarového bodu po vytržení dílu Výztuha závěsu 1 dP min. 4,5 mm (4 x)	„Sekáčová metoda“ – posuvka 150/0,02 mm (průměrná hodnota výčnělků d1 a d2 – dvě měření přesazené o 90°)	Seřizovač 1 kus při seřízení a po zásahu. 1 kus na začátku směny	

Číslo	Popis kontroly	Měřidlo	Četnost	Plán reakcí na vadu
12	Pevnost bodového svaru – střední průměr svarového bodu po vytržení dílu Výztuha zvedáku dP min. 4,5 mm (4 x)	„Sekáčová metoda“ – posuvka 150/0,02 mm (průměrná hodnota výčnělků d1 a d2 – dvě měření přesazené o 90°)	Seřizovač 1 kus při seřízení a po zásahu. 1 kus na začátku směny	Při zjištění vady je nutné seřídít stroj. Vadné díly vyřadit. Pokud je neshoda při bodování, je nutná 100 % kontrola dílů do předchozího měření.
13	Kompletnost sestavy	Pohledem dle vzorku	1 kus za hodinu	100 % kontrola do předchozí kontroly

Tab. 16 Výstupní kontrola.

Číslo	Popis kontroly	Měřidlo	Četnost	Plán reakcí na vadu
1	Kompletnost sestavy	Pohledem dle vzorku	5 kusů z dávky	Vrátit na dílnu ke 100 % přetřídění. Vadné díly izolovat.
2	Tolerance polohy svařovaných bodů 15 x ± 3 mm	Pohledem dle vzorku		
3	Kontrola závitů závitové desky M8-6H + průchodnost	Kalibr M8-6H		
4	Souosost závitů závitové desky s otvorem výlisku	Kalibr M8-6H (kalibr musí projít závitěm i otvorem ve výlisku)		
5	Díl bez otlaků, rýh, trhlin a deformací, okují a kuliček po svařování	Pohledem dle vzorku		

Při výstupní kontrole se měří otvory výlisků, značení dílů, tvary a rozměry dílů. Ty nejsou uvedeny v tabulkách. V tabulkách, byly popsány pouze kontroly vztahující se ke svařování.

Druhy ověřování spojů jako zkouška stříhem, stanovení průměru čocky a metalografický výbrus pájeného spoje, budou použity jako ověření nastavení parametrů strojů při zavádění výroby. Nejsou tak uvedeny v tabulkách pro běžné dílenské kontroly.

5 POSTUP VÝROBY, ERGONOMIE PRACOVIŠTĚ

5.1 Výroba

Požadavkem je, aby bylo vyrobeno nejméně 400 sloupků za směnu. Podle dodavatele svařovací technologie robotizované pracoviště svaří komponenty do jednoho celku za 60 sekund (1 minuta). To znamená, že za jednu minutu se svaří 15 bodů a napájí se závitová deska dvěma švy o délce 23 mm. Robotizované pracoviště bude navrženo tak, aby se Výztuha sloupku A vložila do přípravku stroje. Na ni pak budou pomocí přípravků připevněny součásti k přivaření. Poté se otočí stůl s díly ke svařovacím robotům. Zatímco stroj bude svařovat, obsluha uloží do přípravku další kusy. Celý proces je navržen tak, že se do přípravku vloží komponenty sloupku pro pravou stranu. Stůl se otočí, a do druhého přípravku se vkládají díly pro stranu levou. [29]

Jedna směna trvá 7,5 hodin (450 minut). 40 minut je odhadovaná rezerva pro ostatní práce (balení, kontrola, čas ofrézování elektrod, jiné). Zbývá 410 minut. Z toho vyplývá, že pokud bude jeden kus svařen za minutu, tak by mělo být svařeno dohromady 410 dílů za směnu. Tedy 205 Výztuh sloupku A pro levou stranu a 205 pro stranu pravou. Firma pracuje nepřetržitým provozem na 3 směny.

Tab.17 Výrobní postup.

Číslo operace	Název procesu	Stroj
1	Navaření matice do výztuh závěsu.	Odporový lis – Jesva WLP80
2	Svaření komponent – 15 bodových svarů + dva svary MIG pájení	Robotické pracoviště Jesva s roboty KUKA

5.1.1 Navaření matice

Navařování matic bude prováděno na odporovém lisu. Předpokládaný čas pro navaření matice do jedné výztuhy byl stanoven na 10 sekund (1/6 minut). Předpokládaný celkový čas směny bude stejně jako u svařování sestavy stanoven na 410 minut. Za jednu směnu bude tedy vyrobeno na jednom stroji 2460 kusů. Pokud zvážíme výměnu přípravků během směny, je tento jeden stroj schopen za jednu směnu vytvořit kusy pro robotizované

pracoviště na jednu a půl směny. To je 615 kusů od každého typu výztuhy závěsu. To znamená, že jeden ručně obsluhovaný lis dostatečně pokryje poptávku robotu.

Pokud by se pořídil nový lis, nebyl by plně využit. Firma proto chce, aby byly využity stávající stroje. Vhodným adeptem je odporový lis Jesva WLP 80. Tento stroj se ve firmě nachází v šesti kusech. Na těchto svářecích strojích je možné během velice krátké doby změnit přípravek a provést jednoduché nastavení parametrů pro daný typ výrobku.

Pro každý druh výztuhy je třeba zvláštní přípravek. Ve výsledku to jsou čtyři přípravky.

Sestav Výztuhy sloupku A bude za jeden pracovní den (3 směny) vyrobeno 1230 kusů. To je stejný počet kusů jako u odporového navařování matic za (2 směny). Výroba na odporovém lisu by tak mohla probíhat nepřetržitě při dvou směnách za jeden pracovní den. Třetí směnu by byl stroj zapojen do stávající výroby firmy.

Při nenadálé prodlevě, náhlé potřebě větší dodávky dílů, nebo při jiném zorganizování výroby, bude možné do výroby dočasně zapojit například čtyři odporové lisy. Ty budou schopny během 3,5 směny vyrobít kusy pro robotizované pracoviště, na celý pracovní týden (7 dní po 3 směnách).



Obr. 5.1 Odporový lis Jesva WLP 80 (foto autor).

Svařovací lisy pracují dle sekcí a jejich výroba se řídí dočasnými požadavky na výrobu. To znamená, že počty strojů a směn při kterých se bude pracovat na Výztuhách závěsů se mohou měnit dle aktuálních požadavků na výrobu.

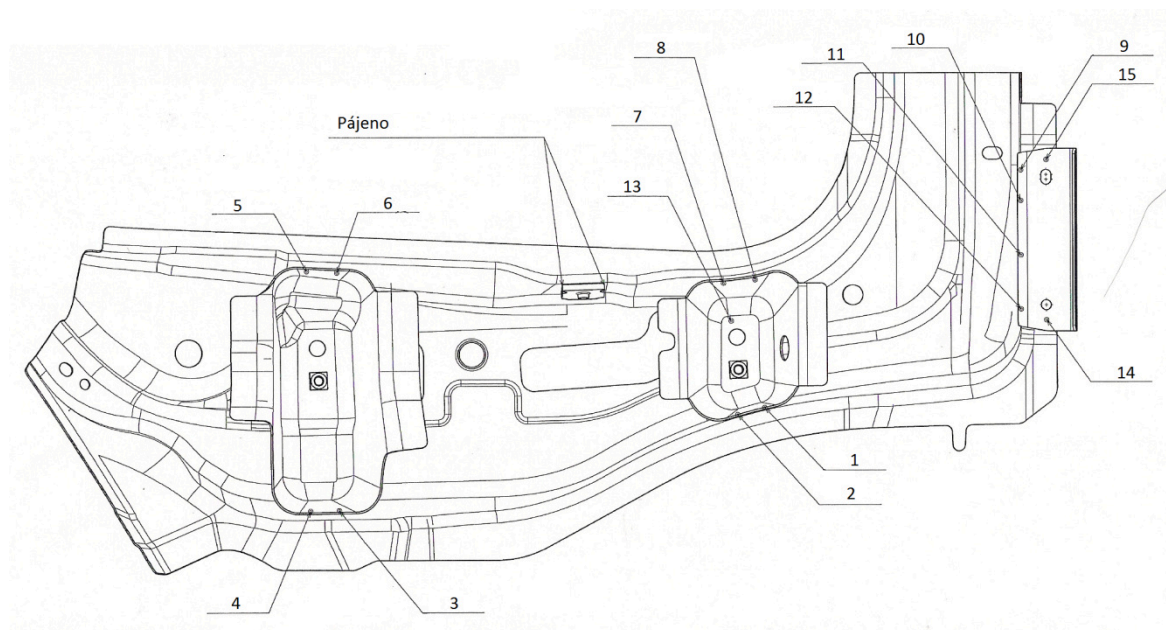
Všechny výrobní časy budou po zaběhnutí výroby upřesněny měřením. A stanoví se nové směnové normy výroby.

5.1.2 Svaření sestavy

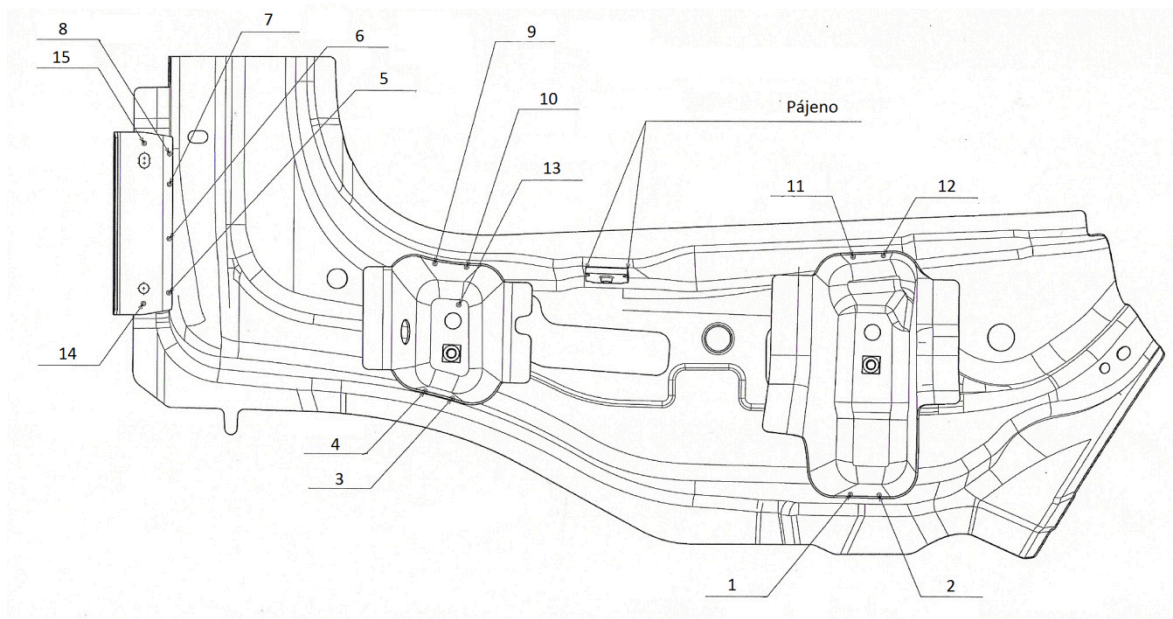
Sestava bude svařována jednoúčelovým Robotickým pracovištěm Jesva s roboty KUKA. Robot pro odporové svařování KR 180 R 2500 s kleštěmi During X100 E-602, a pro MIG pájení KR5-2 arc HW se zdrojem Fronius TPS 3400.

Do přípravku stroje se vloží všechny komponenty svařence. Výztuha sloupku A jako kostra a na ni Výztuha závěsu 1, Výztuha závěsu 2, Výztuha zvedáku a závitová deska. Svařovací přípravek bude dodán firmou spolu se svářecím robotem. Přípravek bude součástí otočného stolu.

Postup svařování je navrhnut pro strojové svařování. Nejdříve budou svařeny všechny body ve vertikální poloze. Poté se svaří body rovnoběžné se stolem přípravku. Poslední operaci tvoří napájení závitové desky. Postup svařování je pro oba druhy zaznačen v obrázcích 5.2 a 5.3. Sestava je na obrázku v takové poloze, v jaké bude umístěna v přípravku.



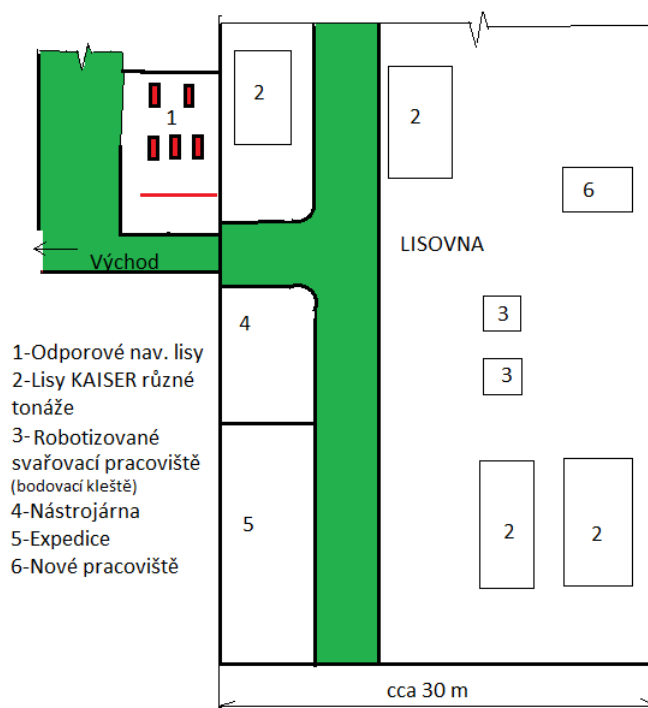
Obr. 5.2 Výztuha sloupku A pro pravou stranu karoserie.



Obr. 5.3 Výztuha sloupku A pro levou stranu karoserie.

5.1.3 Pracoviště

Robotizované pracoviště bude umístěno v hale lisovny, kde pro něj budou zároveň lisovány díly. Kusy do kterých bude třeba navařit matici, budou převáženy pomocí paletových vozíků do přilehlého pracoviště s odporovými lisy, a z něj pak zpátky ke svařovacímu robotu.



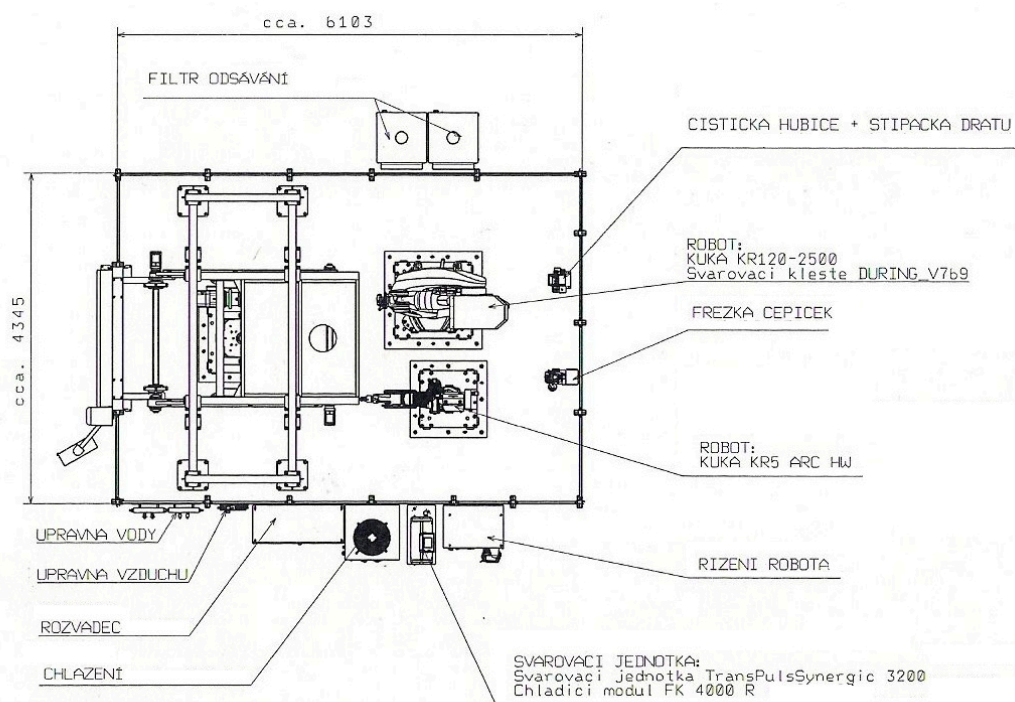
Obr. 5.4 Předpokládané umístění robotického pracoviště.

Hala lisovny byla zvolena, protože je do ní možnost přidat nové pracoviště z důvodu nezaplňenosti. Zároveň je to výhodné kvůli dodávce dílů pro sestavu od lisů. Také sousedí s pracovištěm s odporovými navařovacími lisy, ze kterého budou přicházet díly pro svařenec.

Stroj bude spolu s roboty vybaven frézou čepiček, aby mohly být automaticky ofrézovány elektrody kleští a čističkou hubice se štípačkou drátu pro bezobslužnou údržbu a přípravu MIG hořáku.

Místo svařování musí být ohraničeno zástěnami, které budou chránit obsluhu a okolí před nebezpečnými účinky svařování (záření, žhavé kusy). Zároveň je třeba odsávat výpary od svařování kvůli kumulaci škodlivých látek v ovzduší. Odsávaný vzduch bude filtrován přímo u pracoviště. Celé stanoviště bude ohrazeno, což zabrání nepovolaným osobám připlést se mezi pracující roboty [30].

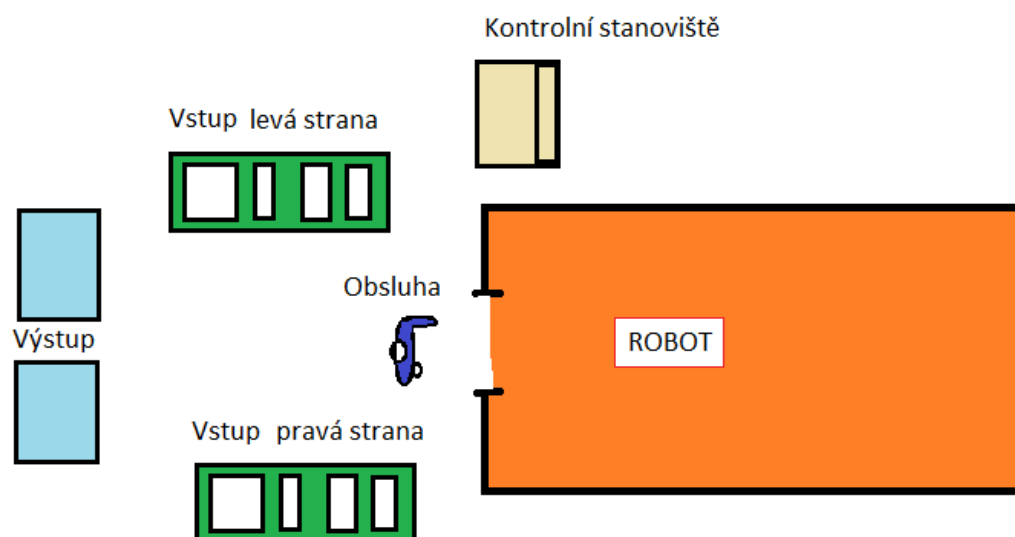
Pracoviště bylo navrženo dle výše uvedených kritérií. Návrh na rozmístění součástí stanoviště provedla firma dodavatele stroje.



Obr. 5.5 Návrh robotického pracoviště. [29]

Vedle pracoviště bude umístěn stůl, kde budou prováděny nedestruktivní kontroly. Destruktivní zkoušení bude probíhat na starém pracovišti. Z důvodu jejich malé četnosti není třeba pořizovat nové speciální stanoviště.

Jednotlivé komponenty sestavy budou k robotickému pracovišti dopravovány v boxech s identifikačním systémem zabraňujícím omylům spojeným se záměnou kusů. Boxy budou rozmístěny u pracoviště tak, aby se obsluha snadno orientovala. Znázorněno na obrázku, číslo 5.6.



Obr. 5.6 *Ergonomie pracoviště.*

ZÁVĚR

Cílem této práce byla analýza procesu zavedení výroby nového dílu karosérie osobního automobilu. V úvodu jsou představeny jednotlivé komponenty tvořící sestavu dílu karosérie. Bylo popsáno umístění komponent ve svařenci a jejich budoucí účel. Následně je provedena charakteristika chemických a mechanických vlastností materiálů a povrchové vrstvy na materiálu.

Byly charakterizovány základní metody svařování a byly uvedeny příklady svářecích strojů pro odporové svařování a MIG-pájení. Díky svým vlastnostem jsou tyto technologie vhodné pro svařování tenkých pozinkovaných plechů. Zejména kvůli malému přenosu tepla do okolního materiálu jsou šetrné i k povrchové vrstvě zinku. Práce uvádí alternativu, která v budoucnu může nahradit technologii MIG pájení. Jedná se o technologii CMT, která je momentálně nejmodernější a použitelná pro spojování tenkých pozinkovaných plechů. Tato technologie také zamezí zbytečnému předávání tepla do okolního materiálu. Zejména díky použitému přídavnému materiálu, kterým jsou slitiny hliníku, je teplota pájení ještě nižší než u MIG-pájení.

Byla stanovena doporučená četnost zkoušek během výrobního procesu. U navařených matic bude testován minimální utahovací moment, minimální vrcholový tah a průchodnost závitu matice, čímž se zároveň ověří souosost závitu přivařené matice s otvorem ve výlisku. Bodové svary budou kontrolovány rázovou zkouškou stříhem a pohledovou kontrolou na umístění a vzhled svarů. U pájeného spoje budou měřeny rozměry švu. MIG-pájením bude připájena závitová deska, proto je zároveň s kontrolou spoje zkoušena průchodnost závitu a stejně jako u matice souosost závitu závitové desky s otvorem ve výlisku. Četnost zkoušek byla stanovena dle interních předpisů firmy.

Podle požadavků zákazníka na objem a kvalitu výroby bylo určeno, že kompletaci sestavy bude zastávat automatizované pracoviště se dvěma robotickými rameny. Jedním pro MIG-pájení a druhým pro odporové svařování. Propočtem strojních časů udávaných dodavatelem svařovací technologie by měl robot svařit až 410 kusů komponent karoserie za směnu. To znamená, že je dostatečně splněn požadavek zákazníka na objem výroby, 400 kusů sestav za jednu směnu. Matice do Výztuh závěsu budou navařovány na odporových lisech. Stanovený čas přivaření jedné matice byl 10 vteřin. Přepočtením strojních časů navařování matic bylo zjištěno, že potřebnou dodávku kusů s navařenou maticí dokáže dostatečně zastat jeden odporový lis. Tomu stačí pouze dvě směny na uspokojení poptávky robotického pracoviště pro jeden pracovní den. Proto také firma

nechce pořizovat další odporový lis a navařování matic obstará některý ze stávajících odporových lisů ve firmě. Výrobní činnost odporových lisů ve firmě je flexibilní. Počty svařujících lisů a jejich časový harmonogram se liší podle momentální potřeby výroby. Jelikož bude výroba na odporových lisech proměnná, byla jako další možnost propočtena výroba na čtyřech odporových lisech najednou. Čtyři lisy jsou uvedeny proto, že se jedná o čtyři různé díly do sestav. Jejich svařovací přípravky se pak dají umístit na čtyři stroje najednou. Tyto stroje jsou pak schopny nárazově vyrobit za 3,5 směny kusy pro týdenní výrobu robotického pracoviště. Firma vyrábí nepřetržitým provozem sedm dní v týdnu po třech směnách denně. Po zaběhnutí výroby budou strojní časy přepočteny a stanový se směnové normy.

Podle dispozic firmy bylo navrženo umístění pracoviště. To se nachází v budově lisovny. Hala lisovny byla zvolena, protože je do ní možnost přidat nové pracoviště z důvodu nezaplněnosti. Zároveň je to výhodné pro dodávku lisovaných dílů, které nebudou muset vážit dlouhou cestu. Lisovna navíc sousedí s pracovištěm s odporovými lisy. To je dobré pro dodávání dílů s navařenou maticí. Ergonomie pracoviště je navržena tak, aby se obsluha mohla intuitivně orientovat. Boxy dílů budou opatřeny identifikačním systémem, aby nedocházelo k omylům.

Výsledky práce budou využity při zavedení nové výroby.

Poděkování

Touto cestou bych chtěl poděkovat zaměstnanci firmy panu Ivu Cygrýdovi za poskytnuté materiály a ochotnou pomoc při vypracovávání bakalářské práce. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat vedoucímu práce Ing. Vladislavu Ochodkovi za cenné rady a studijní podklady k práci.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Interní sdělení firmy panem Ivo Cygrýdem [cit. 2014-01-23]
- [2] Výkres sestavy číslo: 6V0.809.203/204 [cit. 2014-01-23]
- [3] 3D Obraz svařence číslo: 6V0.809.203/204 [cit. 2014-02-05]
- [4] ČSN EN 10346. *Kontinuálně žárově ponorem povlakované ocelové ploché výrobky: Technické dodací podmínky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.
- [5] ČSN EN 10149. *Ploché výrobky válcované za tepla z ocelí s vyšší mezí kluzu pro tváření za studena: Dodací podmínky pro termomechanicky válcované oceli*. Praha: Český normalizační institut, 1999.
- [6] Údaje k nakupovanému materiálu matic. Fastenrath atest číslo 36868 [cit. 2014-04-05]
- [7] VW 01105-1 Interní předpis zákazníka, pro odporové svařování 2007 [cit. 2014-04-10]
- [8] Regression modeling and process analysis of resistance spot welding on galvanized steel sheet. *ScienceDirect®* [online]. 2014 [cit. 2014-04-10].
Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261306908004998>
- [9] The modeling and process analysis of resistance spot welding on galvanized steel sheets used in car body manufacturing. *ScienceDirect®*[online]. 2014 [cit. 2014-04-10].
Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261306911004729>
- [10] AMBROŽ, Oldřich, Bohumil KANDUS a Jaroslav KUBÍČEK. *Technologie svařování a zařízení*. Ostrava: Česká svářečská společnost ANB, ZEROSS - Svářečské nakladatelství, 2001. ISBN 80-85771-81-0.
- [11] *Schinkmann* [online]. 2014 [cit. 2014-01-17].
Dostupné z: <http://www.schinkmann.cz/3323-bodovaci-c-kleste-23kva-tecna>
- [12] *Schinkmann* [online]. 2014 [cit. 2014-01-17].
Dostupné z: <http://www.schinkmann.cz/stacionarni-bodovky-jednofazove>
- [13] *KOVOMONT: Pardubice s.r.o.* [online]. 2014 [cit. 2014-01-17].
Dostupné z: <http://www.kovomont-pce.cz/pneumaticky-svarovaci-lis>
- [14] Influence of shielding gases and process parameters on metal transfer and bead shape in MIG brazed joints of the thin zinc coated steel plates. *ScienceDirect®* [online]. 2014 [cit. 2014-04-10].
Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026130690400295X>

- [15] MIG pájení pozinkovaných autokarosářských dílů.
Internetový magazín Automig [online]. 2014 [cit. 2014-04-09].
 Dostupné z: <http://automig.cz/o-svarovani/metody/mig-pajeni-mig-brazing/>
- [16] ALUNOX: Welding alloys group. *Kupfer-Legierungen* [online]. 2013 [cit. 2014-02-11].
 Dostupné z: http://alunox.de/cms_info.asp?t=1.701
- [17] B&Bartoni, spol. s r. o. *Consumable parts* [online]. 2008 [cit. 2014-02-20].
 Dostupné z: <http://www.b-bartoni.cz/cz/spotrebni-dily.html?d=186>
- [18] Ivo GRANDIČ. *KITin 2040 Kühltreiber* [online]. 2014 [cit. 2014-02-20].
 Dostupné z: <http://www.grandic.cz/trafosvarecky-inventory-co2-kuhtreiber-kitin-2040-svarecka-mig-mag-horak-mb-15-ag-kuhtreiber>
- [19] FRONIUS. *MIG/MAG zdroje pro roboty* [online]. 2014 [cit. 2014-02-20].
 Dostupné z: http://www.chloupek.cz/download/002_Fronius.pdf
- [20] ROBERT TALALAEV, Renno Veinthal, Andres Laansoo and Martinš Sarkans. *Cold metal transfer (CMT) welding of thin sheet metal products*. Tallin: Estonian Journal of Engineering, 2012. ISBN doi: 10.3176/eng.2012.3.09.
- [21] VW 01105 Interní předpis zákazníka pro odporové svařování 2005 [cit. 2014-04-02]
- [22] ČSN EN ISO 14273. *Rozměry vzorku a postup pro zkoušení stříhem odporových bodových, švových a výstupkových svarů*. Praha: Český normalizační institut, 2003.
- [23] ČSN ISO 10447. *Odporové svařování- Odlupovací a sekáčové zkoušení odporových bodových a výstupkových svarů*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [24] Bylo řečeno konzultantem firmy panem Ivo Cygrýdem [cit. 2014-04-14]
- [25] VW 605 60 Interní předpis zákazníka, pro odporové svařování 2004 [cit. 2014-04-15]
- [26] TONA EXPERT 1/2 momentový klíč 40-210 Nm. *Rucni-Naradi.cz* [online]. 2014 [cit. 2014-04-18].
 Dostupné z: <http://www.rucni-naradi.cz/tona-1-2-momentovy-klic-40-210-nm>
- [27] VW 011 44 Interní předpis zákazníka pro pájení metodou MIG na dílech karoserie 2001 [cit. 2014-04-18]
- [28] Protokol o zkoušení číslo: P/2210/10 Vítkovice testing center. 2010. [cit. 2014-04-18]
- [29] Informace firmy Jesva. Dodavatele svařovacích strojů. [cit. 2014-04-21]
- [30] Rizika bezpečnosti práce při svařování. *Státní úřad inspekce práce* [online]. 2011 [cit. 2014-04-27].
 Dostupné z: http://www.suip.cz/_files/suipa2991f299ddd3e38adf1903d5238ae4e/svarovani.pdf